

Publication 30

Guide de production fourragère



Le présent guide est publié à des fins d'information seulement. La province de l'Ontario, représentée par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (le MAAARO), se dégage de toute garantie, expresse ou tacite, relativement à l'utilisation du présent guide, y compris de tout contenu, de tout lien ou de tout contenu d'une source ou d'un site de tiers, y compris de toute garantie de non-violation ou de pertinence relativement à un usage particulier. En aucun cas la province de l'Ontario ni ses directeurs, administrateurs, employés, préposés ou agents ne seront tenus responsables d'une omission d'actualiser le contenu du présent guide ni d'une erreur ou omission dans ce contenu, dans tout lien ou dans tout site ou toute source de tiers qui y sont mentionnés, ni de dommages (y compris les dommages pour manque à gagner, interruption d'activité commerciale ou perte d'information et les dommages directs, indirects, accessoires, spéciaux, immatériels ou punitifs) découlant de l'utilisation du présent guide (y compris de son contenu), de tout lien ou d'un site ou de travaux de tiers, ou de l'impossibilité de cette utilisation, ou y ayant trait, que ce soit dans le cadre d'un contrat ou en vertu de la responsabilité civile ou de tout autre type de responsabilité. Il incombe à l'utilisateur de choisir la meilleure façon d'agir en fonction de ses propres circonstances.

Par ailleurs, aucune mention dans le guide d'une marque de pesticide ou de tout autre produit ne constitue une caution ni ne sous-entend que les produits similaires d'une autre marque sont inefficaces ou moins efficaces. Les connaissances concernant les pesticides, les engrais et d'autres produits peuvent évoluer au fil du temps. Aucune mention dans le guide d'un engrais, d'un ingrédient actif ou du nom commercial d'un pesticide ne peut être interprétée comme une garantie que le produit peut être utilisé légalement en Ontario au moment de la lecture. Il incombe à l'utilisateur de vérifier si un produit peut être utilisé légalement et de quelle manière.

Première de couverture : Balles de foin dans un champ.

Quatrième de couverture : Andains de foin coupé séchant dans un champ.

Le contenu du présent guide (y compris les images, les icônes et la mise en page) est la propriété de la province de l'Ontario. La Province ne renonce à aucun de ses droits de propriété afférents, qu'il s'agisse de ses droits d'auteur, de ses marques de commerce ou d'autres droits de propriété intellectuelle. Il est interdit à tout utilisateur de vendre, de publier à nouveau, d'imprimer, de télécharger, de copier, de reproduire, de modifier, de téléverser, de mettre en ligne, de transmettre ou de distribuer de quelque façon que ce soit toute partie du guide ou de son contenu sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de la Province, sauf à des fins personnelles raisonnables d'impression, de téléchargement et de copie. La mise à disposition du contenu du présent guide ne constitue en aucun cas un transfert de droits d'auteur, de marques de commerce ou d'autres droits de propriété intellectuelle de la Province à un utilisateur ou à un tiers.

Il est possible d'obtenir la version numérique du guide sur le site ontario.ca en faisant une recherche au moyen du numéro et du titre de la publication.

Pour obtenir un exemplaire imprimé du présent guide ou de toute autre publication du MAAARO, rendez-vous à ontario.ca/publications.

Publié par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2022 Toronto, Canada

ISBN 978-1-4868-5803-3 (imprimé)

ISBN 978-1-4868-5804-0 (PDF)

09/22

This publication is also available in English.

Publication 30

Guide de production fourragère



Guide de production fourragère

Publication 30

Rédaction en chef

Christine O'Reilly, spécialiste de la culture des fourrages et des animaux de pâturage, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO)

Rédaction technique

Ce document contient des extraits de diverses publications du MAAARO. La rédactrice en chef tient à remercier les rédactrices et rédacteurs techniques suivants dont les photos, le texte ou les données ont été utilisés :

Jack Alex, Joel Bagg, Scott Banks, Tracey Baute, Sebastian Belliard, Steve Bowley, Matt Bowman, Christine Brown, Finlay Buchanan, Ann Clark, Steve Clarke, Mike Cowbrough, Bob Fulkerson, Terry Gillespie, Ben Hawkins, Anita Heeg, Harold House, Jim Johnston, Jack Kyle, Ron Lackey, Brian Lang, Ian McDonald, Joan McKinlay, Jake Munroe, Kristen Obeid, Barry Potter, Susan Robinson, Ben Rosser, Terrence Sauvé, Greg Stewart, Terry Stewart, Paul Sullivan, Clarence Swanton, Megan Van Schaik, Christoph Wand, Beth Wheeler, Harvey Wright, Bob Wright et Tom Wright.

Révision

La rédactrice en chef souhaite également remercier les personnes suivantes pour leur participation à la révision de cette publication :

Steve Beadle, Horst Bohner, Christine Brown, James Byrne, Mike Cowbrough, Jillian Craig, Travis Cranmer, Joanna Follings, Jocelyn Jansen, Paul Kozak, Michelle Linington, Rajan Niraula, Cynthia Miltenburg, Alison Moore, Meghan Moran, Jake Munroe, Ben Rosser, Cassandra Russel, Terrence Sauvé, Kim Schneider, Mahendra Thimmanagari, Amanda Tracey, Dennis Van Dyk, Megan Van Schaik, Christoph Wand, Tom Wright et les membres du conseil d'administration de l'Ontario Forage Council.

Conception graphique (MAAARO)

Andrea Vieira et Betty Summerhayes

Cette publication remplace la précédente publication 30, intitulée *La Production Fourragère* (1994), et plusieurs fiches techniques du MAAARO sur les fourrages et les pâturages.

Besoin d'information technique ou commerciale?

Centre d'information agricole
1 877 424s 1300 1 855 696 2811 (ATS)
Courriel : ag.info.omafra@ontario.ca

**Pour de plus amples renseignements sur les élevages ou les cultures en Ontario,
voir le site Web du MAAARO à**

ontario.ca/cultures

ontario.ca/elevages

D'autres renseignements peuvent être obtenus sur les blogues suivants :

Field Crop News – fieldcropnews.com

Dairy and Beef Cattle Production – <https://dairyandbeef.wordpress.com>

Sheep & Goat Production – sheepandgoatproduction.ca

Table des matières

Préface	1	Phosphore et potassium	23
CHAPITRE 1		Azote et soufre	23
Planification et établissement	3	Analyse des tissus végétaux	24
Comprendre les besoins en fourrage d'une exploitation agricole	3	Le fumier comme source d'éléments nutritifs	25
Capacité de charge	3	Analyse du fumier	25
Étape 1. Calcul de l'apport en fourrage	4	Épandage du fumier sur les fourrages	27
Étape 2. Calcul de la capacité de charge	5	Épandage de fumier et maladie de Johne	27
Taux de chargement	6	CHAPITRE 3	
Types de cultures fourragères	8	Luzerne	31
Légumineuses	8	Texture du sol, drainage et pH	31
Inoculation	8	Choix des variétés	32
Graminées	9	Dormance d'automne et résistance à l'hiver	32
Identification des espèces de graminées	10	Résistance aux insectes et aux maladies	32
Plantes herbacées non graminéoïdes autres que les légumineuses	12	Indice de résistance aux maladies	32
Choix des espèces	13	Résistance à la cicadelle de la pomme de terre	33
Taux de semis et qualité des semis	15	Morphologie des racines	33
Valeur culturale	15	Caractéristiques issues du génie génétique	34
Classes de semences	15	Résistance au glyphosate	34
Méthodes d'établissement	16	Faible teneur en lignine	34
Semis direct	16	Établissement	34
Sursemis	16	Semis de printemps	35
Semis sous couverture	17	Semis d'été	35
Semis croisé	17	Croissance de la culture	35
Semis sur sol gelé	18	Stade moyen par comptage	37
CHAPITRE 2		Stade moyen par poids	37
Fertilité du sol et éléments nutritifs	21	Fertilisation	37
Analyse du sol	21	Soufre	37
Chaux et pH du sol	23	Bore	38
		Analyse des tissus végétaux	39

Moment de la récolte	39
Degrés-jours de croissance (DJC)	39
Échantillons coupés aux ciseaux et analyses	40
Équations prédictives de la qualité de la luzerne (ÉPQL)	40
Période de repos d'automne	42
Étouffement	45
Élimination	45
Dénombrement des plants et évaluation de la santé des racines	45
Dénombrement des tiges	46
Gestion de la luzerne dans une rotation des cultures	47
Autre facteur influant sur la production	47
Autotoxicité	47

CHAPITRE 4

Maïs à ensilage	51
Texture du sol, drainage et pH	51
Choix des hybrides	52
Évaluation de la maturité	53
Passage à des hybrides à cycle plus court	53
Caractéristiques de l'ensilage	54
Semis	55
Densité de peuplement	55
Profondeur	55
Semer du maïs après les récoltes hâtives de fourrage	56
Croissance de la culture	58
Stades de croissance foliaire	58
Fertilisation	61
Récolte	61

Moment	61
Teneur en eau au moment de la récolte	61
Mesure de la teneur en eau	62
Ligne d'amidon des grains	63
Conditionnement du grain	64
Évaluation en laboratoire	64
Évaluation sur place	64
Autres facteurs influant sur la production	65
Ennemis des cultures résistants au Bt	65
Pyrale du maïs résistante au Bt	66
Ver gris occidental du haricot résistant au Bt	66
Chrysomèle des racines du maïs résistante au Bt	66

CHAPITRE 5

Vivaces de saison fraîche	69
Légumineuses	70
Trèfle d'Alsike <i>Trifolium hybridum</i>	70
Lotier corniculé <i>Lotus corniculatus</i>	71
Trèfle du Caucase <i>Trifolium ambiguum</i>	72
Trèfle rouge <i>Trifolium pratense</i>	73
Mélilot <i>Melilotus officinalis</i>	74
Trèfle blanc <i>Trifolium repens</i>	75
Graminées	76
Pâturins	77
Pâturin comprimé <i>Poa compressa</i>	77
Pâturin des prés <i>Poa pratensis</i>	78
Bromes	79
Brome des prés <i>Bromus riparius</i>	79
Brome inerme <i>Bromus inermis</i>	80
Fétuques	81
Fétuque rouge traçante <i>Festuca rubra</i>	81
Fétuque des prés <i>Festuca pratensis</i>	82
Fétuque élevée <i>Festuca arundinacea</i>	83

Festuloliums <i>Hybrides de Festuca</i> sp. et de <i>Lolium</i> sp.....	84	Brassicacées	112
Vulpin des prés <i>Alopecurus pratensis</i>	85	Croissance de la culture.....	113
Dactyle pelotonné <i>Dactylis glomerata</i>	86	Chou fourrager <i>Brassica oleracea</i>	114
Ray-grass vivace <i>Lolium perenne</i>	87	Canola et colza fourrager <i>Brassica napus</i> , <i>Brassica rapa</i>	114
Agrostide blanche <i>Agrostis gigantea</i>	88	Navet, rutabaga, chou-navet fourragers <i>Brassica rapa</i> , <i>Brassica napus</i> , <i>Brassica napobrassica</i>	116
Alpiste roseau <i>Phalaris arundinacea</i>	89	Autres problèmes liés aux cultures de brassicacées.....	116
Fléole <i>Phleum pratense</i>	90	Betterave fourragère et à sucre <i>Beta vulgaris</i>	117
Fertilisation	92		
Azote	92		
Phosphate et potasse.....	93		
CHAPITRE 6		CHAPITRE 8	
Vivaces de saison chaude	97	Annuelles de saison chaude	121
Graminées	97	Légumineuses	122
Panic érigé <i>Panicum virgatum</i>	97	Soya <i>Glycine max</i>	122
		Graminées	124
		Sorgho.....	125
 		Sorgho fourrager <i>Sorghum bicolor</i> sous-espèce <i>bicolor</i>	125
CHAPITRE 7		Herbe du Soudan <i>Sorghum bicolor</i> sous-espèce <i>drummondii</i>	126
Annuelles de saison fraîche	101	Sorgho-herbe du Soudan hybride <i>Sorghum</i> × <i>drummondii</i>	127
Légumineuses	102	Problèmes associés à l'espèce <i>Sorghum</i>	127
Trèfle d'Alexandrie <i>Trifolium alexandrinum</i>	102	Millet.....	129
Trèfle incarnat <i>Trifolium incarnatum</i>	103	Millet perlé <i>Pennisetum glaucum</i>	129
Pois fourragers <i>Pisum sativum</i>	104		
Céréales et graminées	105		
Céréales de printemps	105		
Avoine <i>Avena sativa</i>	107		
Orge <i>Hordeum vulgare</i>	108		
Céréales d'automne.....	108		
Seigle d'automne <i>Secale cereale</i>	108		
Triticale d'automne x <i>Triticosecale</i>	110		
Ray-grass annuel <i>Lolium multiflorum</i>	110		
Plantes herbacées non graminéoïdes autres que les légumineuses	112		
		CHAPITRE 9	
		Gestion assurant la santé du sol et des écosystèmes	133
		Compactage du sol	133
		Pollinisateurs	134
		Oiseaux de prairie	136

CHAPITRE 10

Stress d'origine météorologique	139
Destruction par l'hiver	139
Dommages causés par le froid et le gel.....	139
Luzerne.....	140
Espèces de <i>Sorghum</i>	142
Dommages causés par la glace.....	143
Déchaussement.....	143
Excès d'eau	144
Sols saturés.....	144
Inondations.....	145
Manque d'eau	145
Grêle	146
Luzerne et trèfle rouge.....	146
Maïs.....	147
Accumulation de nitrates	148

CHAPITRE 11

Lutte contre les mauvaises herbes	151
Fertilité du sol	152
Fauchage	152
Travail du sol	152
Charrue à socs.....	152
Faux semis sur planches d'ensemencement.....	152
Herbicides	153
Mauvaises herbes vénéneuses	153
Morelle noire de l'Est <i>Solanum ptycanthum</i>	154
Prêle des champs <i>Equisetum arvense</i>	155
Asclépiade commune <i>Asclepias syriaca</i>	156
Moutarde des champs <i>Sinapis arvensis</i> , <i>Brassica kaber</i>	158
Euphorbe cyprès <i>Euphorbia cyparissias</i>	161

CHAPITRE 12

Ennemis des cultures	163
Ennemis terricoles des cultures	163
Asticots.....	163
Hanneton européen <i>Rhizotrogus majalis</i>	167
Hanneton commun	
Espèces de <i>Phyllophaga</i>	167
Scarabée japonais <i>Popillia japonica</i>	168
Charançon de la luzerne <i>Otiorhynchus ligustici</i> ...	169
Ennemis de surface des cultures	171
Limace <i>Deroceras reticulatum</i> et autres espèces.....	171
Ennemis des cultures de luzerne.....	173
Mineuse virgule de la luzerne	
<i>Agromyza frontella</i>	173
Charançon de la luzerne	
<i>Otiorhynchus ligustici</i>	174
Charançon postiche de la luzerne	
<i>Hypera postica</i>	174
Puceron du pois <i>Acyrtosiphon pisum</i>	176
Cicadelle de la pomme de terre	
<i>Empoasca fabae</i>	178
Ennemis des cultures de graminées.....	180
Légionnaire uniponctué	
<i>Mythimna unipuncta</i>	180
Hespérie des graminées	
<i>Thymelicus lineola</i>	182
Ennemis des cultures lors de l'affouragement	182
Méloés Espèces d' <i>Epicauta</i>	182
Ciron ventru <i>Pyemotes tritici</i>	184
Utilisation et protection des ennemis naturels	185

CHAPITRE 13

Maladies	189
Maladies de la luzerne	189
Maladies des plantules	189
Pourriture pythienne des semences, fonte des semis et brûlure des plantules <i>Espèces de Pythium</i>	189
Pourritures du collet et des racines	190
Anthracnose de la luzerne et anthracnose du trèfle <i>Colletotrichum trifolii</i> et <i>Kabatiella caulivora</i>	190
Nécrose racinaire précoce <i>Aphanomyces euteiches</i>	190
Pourriture brune <i>Phoma sclerotoides</i>	191
Pourriture phytophthoréenne <i>Phytophthora medicaginis</i>	191
Autres pourritures du collet et des racines touchant la luzerne et le trèfle rouge	193
Maladies des feuilles et des tiges	193
Virus de la mosaïque de la luzerne <i>Alfamovirus</i>	193
Flétrissement bactérien <i>Clavibacter michiganensis</i>	194
Taches communes et taches de poivre <i>Pseudopeziza medicaginis</i> et <i>Leptosphaerulina trifolii</i> ou <i>L. briosiani</i>	194
Fusariose <i>Fusarium oxysporum</i>	195
Verticilliose <i>Verticillium albo-atrum</i>	195
Maladies des graminées	196
Oïdium (blanc) <i>Blumeria graminis</i>	196
Rouilles	197
Rouille couronnée <i>Puccinia coronata</i>	197
Rouille des feuilles et rouille jaune du pâturin <i>Puccinia poarum/Uromyces</i> <i>dactylidis</i> , <i>Puccinia poae-nemoralis</i>	198
Rouille noire <i>Puccinia graminis</i>	198
Rouille jaune <i>Puccinia striiformis</i>	199

Septoriose et taches septoriennes <i>Espèces de Septoria</i>	199
Endophytes	200
Gestion des maladies	201
Rotation des cultures	201
Fongicides foliaires	201
Luzerne	201
Maïs	202
Avoine	202

CHAPITRE 14

Récolte	205
Moment	205
Degrés-jours de croissance	206
Équipement	206
Faucheuses et faucheuses-conditionneuses	206
Faneuses	208
Râteaux et regroupeurs	208
Effets du passage des roues sur les cultures fourragères	208
Teneur en eau et courbe de séchage du foin	209
Mesure de la teneur en eau	210
Méthode du four à micro-ondes	211
Méthode du testeur Koster	211
Testeurs électroniques	212
Spectromètres à réflexion dans le proche infrarouge (RPI)	213
Récolte du foin	213
Agents de conservation	214
Séchoirs	216
Récolte des balles d'ensilage	216
Récolte de l'ensilage	218
Préfanage	218
Hachage	219
Séparateur de particules de l'Université Penn State	219

Inoculants pour ensilage.....	221
Bactéries lactiques.....	221
<i>Lentilactobacillus buchneri</i> (anciennement <i>Lactobacillus buchneri</i>).....	222
Enzymes.....	223

CHAPITRE 15

Stockage.....	225
Foin sec.....	225
Ensilage en balles.....	227
Teneur en eau.....	228
Types de stockage.....	228
Balles individuelles.....	229
Systèmes en ligne.....	230
Empilement des balles.....	231
Durée et lieu de stockage.....	232
Moisissures.....	232
Ensilage.....	233
Gaz d'ensilage.....	233
Fermentation.....	235
Types de stockage.....	236
Silos-tours.....	238
Silos-couloirs.....	239
Silos-boudins.....	242
Effluents.....	243
Problèmes environnementaux.....	244
Corrosion par les acides et détérioration des silos.....	245
Stockage et traitement des effluents d'ensilage.....	246
Combustion spontanée (incendies).....	248
Prévention des incendies.....	248
Évaluation par sondage.....	250
Foin.....	250
Ensilage.....	251

Procédés d'extinction.....	251
Foin.....	251
Ensilage.....	251
Recyclage des films plastiques.....	252
Collecte.....	253
Tri.....	253
Transformation.....	253
Mise en marché.....	254
Films recyclés.....	254
Produits de plastique moulés.....	254

CHAPITRE 16

Analyse et classement des fourrages.....	257
Prélèvement d'un échantillon de fourrage à des fins d'analyse.....	257
Échantillonnage du foin.....	257
Échantillonnage de balles ensilées.....	258
Échantillonnage à partir d'un silo-tour.....	259
Échantillonnage à partir d'un silo horizontal (silos-boudins et silos-couloirs).....	259
Envoi d'un échantillon de fourrage.....	260
Comprendre l'analyse des fourrages.....	260
Matière sèche.....	261
Tel quel.....	261
Protéines.....	261
Protéines brutes.....	261
Protéines solubles.....	261
Protéines brutes de fibre au détergent acide (FDA).....	261
Protéines soustraites à la dégradation ruminale.....	261
Glucides.....	262
Fibres (glucides structuraux).....	262
Sucres et amidon (glucides non structuraux).....	263
Autres mesures de l'énergie.....	263

Matières grasses (lipides)	264
Minéraux	264
Cendres	264
Macroéléments	264
Oligoéléments	265
Autres analyses	265
Valeur alimentaire relative (VAR).....	265
Qualité relative du fourrage (QRF)	265
Fermentation	266
Azote des nitrates/nitrates	267
Mycotoxines	269
Classes de foin	270
Foin pour chevaux.....	271
Marchés étrangers.....	272
Annexes	275
Annexe A. Renseignements supplémentaires sur les fourrages et les pâturages	275
Annexe B. Ressources supplémentaires.....	275

Tableaux

Tableau 1-1.	Calcul de l'apport en fourrage mis en réserve.....	4	Tableau 4-2.	Incidence sur le rendement en maïs à ensilage de méthodes d'ensemencement après une récolte de foin au début de juin.....	57
Tableau 1-2.	Calcul de l'apport en fourrage brouté.....	5	Tableau 4-3.	Stades reproductifs du maïs.....	60
Tableau 1-3.	Calcul de la capacité de charge.....	5	Tableau 4-4.	Prélèvement des éléments nutritifs par le maïs récolté pour le grain ou l'ensilage.....	61
Tableau 1-4.	Unités animales par tête, selon le poids corporel typique et la quantité de matière sèche consommée estimée.....	6	Tableau 4-5.	La ligne d'amidon comme indicateur du moment où commencer à surveiller la teneur en eau des plants de maïs entiers aux fins de récolte et d'ensilage.....	64
Tableau 1-5.	Calcul du taux de chargement.....	6	Tableau 5-1.	Compatibilité d'espèces fourragères vivaces de saison fraîche et de types de gestion de la récolte.....	70
Tableau 1-6.	Inoculant selon l'espèce de légumineuse fourragère.....	8	Tableau 5-2.	Unités nutritives totales de cinq espèces de graminées.....	84
Tableau 2-1.	Rendement et qualité des mélanges de luzerne et de graminées après apport en éléments nutritifs.....	25	Tableau 5-3.	Doses d'azote recommandées sur les cultures fourragères vivaces de saison fraîche.....	92
Tableau 2-2.	Incidence des marques de pneu laissées durant l'épandage de fumier de 9 à 11 jours après la coupe.....	27	Tableau 5-4.	Doses de phosphate (P_2O_5) recommandées pour les cultures fourragères vivaces de saison fraîche.....	94
Tableau 3-1.	Cote de résistance aux maladies des variétés de luzerne.....	33	Tableau 5-5.	Doses de potasse (K_2O) recommandées pour les cultures fourragères vivaces de saison fraîche.....	95
Tableau 3-2.	Prélèvement des éléments nutritifs par la luzerne.....	38	Tableau 7-1.	Compatibilité d'espèces fourragères annuelles de saison fraîche et de types de gestion de la récolte.....	102
Tableau 3-3.	Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux de luzerne.....	39	Tableau 7-2.	Rendement moyen obtenu lors d'essais menés de 1994 à 1997 par le Comité ontarien des cultures fourragères pour les céréales de printemps et le mélange céréales-pois.....	105
Tableau 3-4.	Teneur estimée en fibres au détergent neutre (FDN) de la luzerne.....	41			
Tableau 3-5.	Densité souhaitable d'un peuplement de luzerne.....	45			
Tableau 4-1.	Dates recommandées pour cesser de semer des hybrides de pleine saison dans différentes zones d'unités thermiques de croissance.....	54			

Tableau 7-3.	Rendement et qualité des céréales fourragères (moyenne de 2 ans à New Liskeard).....	106	Tableau 12-1.	Signes d'infestation dans les cultures fourragères.....	164
Tableau 7-4.	Rendement en matière sèche de la première coupe et de l'ensemble des coupes du cultivar « Marshall » de ray-grass de type Westerwold.....	112	Tableau 12-2.	Seuils d'intervention contre la cicadelle de la pomme de terre dans la luzerne.....	179
Tableau 7-5.	Stades de croissance des brassicacées.....	113	Tableau 14-1.	Poids approximatif des balles.....	214
Tableau 7-6.	Rendement en matière sèche de variétés de betterave fourragère à Elora (Ontario).....	118	Tableau 14-2.	Recommandations de taille de particules pour les vaches laitières en lactation.....	220
Tableau 7-7.	Recommandations sur la fertilisation de la betterave à sucre en Ontario.....	119	Tableau 15-1.	Pertes de foin associées à diverses méthodes de stockage...	227
Tableau 8-1.	Compatibilité d'espèces fourragères annuelles de saison chaude et de types de gestion de la récolte.....	122	Tableau 15-2.	Estimation des pertes d'ensilage durant le remplissage, le stockage et la distribution.....	237
Tableau 8-2.	Analyse des éléments nutritifs de la plante de soya entière.....	124	Tableau 15-3.	Silos-tours – Teneur en eau maximale des ensilages de plantes entières pour diminuer les effluents.....	243
Tableau 10-1.	Effet de la couverture neigeuse sur la température du sol à 6 cm de profondeur.....	139	Tableau 15-4.	Constituants des effluents d'ensilage.....	244
Tableau 10-2.	Basses températures létales pour les graminées fourragères vivaces de saison fraîche.....	140	Tableau 15-5.	Constituants corrosifs des effluents d'ensilage.....	245
Tableau 10-3.	Risque de destruction de la luzerne par l'hiver.....	141	Tableau 15-6.	Teneur en eau recommandée pour le stockage.....	249
Tableau 10-4.	Tolérance à la glace de certaines graminées fourragères vivaces de saison fraîche.....	143	Tableau 15-7.	Températures critiques pour la combustion spontanée.....	251
Tableau 10-5.	Tolérance aux sols saturés de certaines espèces vivaces de saison fraîche au printemps.....	145	Tableau 15-8.	Quantités approximatives de dioxyde de carbone ou d'azote liquide nécessaires pour maîtriser un incendie de silo.....	252
			Tableau 16-1.	Concentrations typiques des produits de fermentation dans les cultures d'ensilage courantes.....	266

Tableau 16-2. Indications concernant la concentration de nitrates dans le fourrage en fonction de la matière sèche dans les rations du bétail 268

Tableau 16-3. Indications concernant la concentration de mycotoxines dans une ration totale en fonction de la matière sèche 269

Tableau 16-4. Descriptions physiques du foin selon les désignations de qualité de l'USDA 270

Tableau 16-5. Désignations de qualité établies par l'USDA pour la luzerne destinée aux animaux d'élevage et contenant au plus 10 % de graminées 271

Préface

Fourrage (nom)

- Plante ou partie de plante servie aux animaux ou broutée par ceux-ci. Le fourrage peut être frais, sec ou ensilé (p. ex. un pâturage, un fourrage vert coupé, du foin ou un ensilage préfané).
— Wright et Lackey, 2008
- Parties comestibles de plantes, autres que le grain séparé, qui peuvent servir d'aliments aux animaux de pâturage ou qui peuvent être récoltées à des fins d'alimentation.
— Allan, 1991
- Plantes servant à la nourriture du bétail; cette nourriture.
— Le Petit Robert
- Matière végétale constituée par la partie aérienne de certaines plantes, servant d'alimentation aux animaux après avoir été coupée et conservée (foin, ensilage) ou immédiatement après avoir été fauchée (fourrage vert).
— Dictionnaire Larousse

Les fourrages forment la base de l'alimentation des ruminants et des chevaux. Ces animaux doivent consommer une certaine quantité de fourrage pour rester en santé et être productifs. Comme le montrent les définitions susmentionnées, le fourrage ne correspond pas à une espèce végétale distincte, mais plutôt à l'usage d'une culture. Beaucoup d'espèces peuvent être cultivées comme fourrage. En Ontario, certaines espèces ne sont cultivées que pour le fourrage, mais d'autres servent aussi à la production de céréales et de graines oléagineuses.

La production de fourrages diffère de celle des céréales et des graines oléagineuses en ce qu'on ne laisse pas les cultures fourragères atteindre leur pleine maturité. Cette différence se répercute dans les décisions d'agronomie et de gestion des cultures, desquelles sont tributaires le rendement et la qualité. Les fourrages de qualité peuvent d'ailleurs être vendus sur les marchés locaux, régionaux et mondiaux.

En plus d'être un élément essentiel de l'alimentation animale et un produit commercial, les fourrages sont source de nombreux bienfaits environnementaux. Les pâturages et les cultures de fourrages à fleurs, par exemple, constituent un habitat et une source de nourriture pour la faune et favorisent la biodiversité locale. Sous terre, le système racinaire des vivaces améliore la santé du sol et y emmagasine le carbone atmosphérique.

Le présent guide s'intéresse principalement à deux questions : d'une part, l'agronomie des cultures fourragères, d'autre part la conservation et le stockage des cultures fourragères récoltées mécaniquement. Pour en savoir plus sur la gestion des pâturages, consultez la publication 19 du MAAARO, *La culture des pâturages*.

Que vous consultiez le présent guide dans le cadre de vos activités agricoles, scolaires, de recherche ou de consultation, j'espère que vous trouverez les renseignements présentés dans les pages qui suivent aussi pratiques qu'utiles.

Christine O'Reilly, rédactrice en chef
Spécialiste de la culture des fourrages et des
animaux de pâturage, MAAARO



CHAPITRE 1

Planification et établissement

Comprendre les besoins en fourrage d'une exploitation agricole

Les cultures fourragères forment la base de l'alimentation des ruminants et des chevaux. Le fourrage cultivé sur place, c'est-à-dire là où il est consommé, est presque toujours la solution la plus économique pour l'alimentation du bétail.

Idéalement, la productrice ou le producteur développe, en collaboration avec une ou un agronome et une ou un nutritionniste animal, un plan de culture fourragère pour son exploitation agricole. Ce plan doit intégrer de bonnes pratiques agronomiques, comme la gestion du fumier et la rotation des cultures, pour répondre aux objectifs de rendement de l'exploitation. Il doit également permettre d'obtenir des cultures fourragères de la qualité appropriée afin de satisfaire les besoins en éléments nutritifs des animaux et réduire le recours à du fourrage supplémentaire. Le moment de la récolte est le facteur le plus déterminant pour la qualité du fourrage. Le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*, présente un aperçu de l'analyse nutritionnelle des fourrages.

Pour déterminer le rendement fourrager à atteindre pour répondre aux besoins des animaux, la productrice ou le producteur et l'agronome doivent d'abord estimer la capacité de charge et le taux de chargement de l'exploitation.

Capacité de charge

La capacité de charge est le nombre maximal estimé d'animaux qui peuvent être alimentés durablement en fonction du potentiel de production d'une zone. La période de production de fourrage doit certes être prise en compte, mais elle correspond généralement à une saison de croissance ou à une année civile. Bien que la capacité de charge soit le plus souvent associée à la culture des pâturages, il s'agit d'une notion clé dans la planification de tout système d'approvisionnement en fourrage, y compris les systèmes uniquement basés sur le fourrage en réserve.

La capacité de charge diffère d'une exploitation à l'autre en raison des différences relatives à la texture, au drainage, à la santé et à la gestion du sol, à la topographie du terrain et au climat. Elle varie aussi légèrement d'année en année en raison de la météo. Les bonnes pratiques de gestion – celles qui améliorent la santé du sol, réduisent la pression exercée par les maladies et les ennemis

des cultures et améliorent le rendement et la qualité du fourrage – contribuent à accroître la capacité de charge d’une exploitation.

La qualité du fourrage n’entre pas dans le calcul de la capacité de charge; on suppose que la qualité convient aux classes d’animaux alimentés. Évidemment, une qualité du fourrage inadéquate se traduit par une capacité de charge inférieure à celle prévue.

L’exactitude du calcul dépend de la qualité des données utilisées. La capacité de charge se calcule en deux temps.

Étape 1. Calcul de l’apport en fourrage

L’apport en fourrage correspond à la quantité de matière sèche produite par hectare (ou acre). Comme cette valeur peut varier considérablement d’une année, d’une culture fourragère, d’un champ ou d’un enclos à l’autre, elle doit être calculée séparément pour chaque champ, chaque enclos ou toute autre zone de production végétale analogue. On additionne ensuite l’apport en fourrage de chaque champ et de chaque enclos pour connaître l’apport total de l’exploitation.

Les cultures fourragères mises en réserve peuvent être pesées, et leur teneur en eau mesurée, pour déterminer le rendement en matière sèche. Voir le chapitre 14, *Récolte*, pour connaître les méthodes de mesure de la teneur en eau et de calcul de la matière sèche. Il faut bien sûr soustraire du rendement les pertes liées au stockage afin d’améliorer l’exactitude du calcul (les pertes typiques selon les différents systèmes sont présentées au chapitre 15, *Stockage*). La formule pour le calcul de l’apport en fourrage mis en réserve figure dans le tableau 1-1.

Pour les pâturages, la quantité de fourrage disponible dans un enclos avant chaque broutage peut être additionnée, puis multipliée par la consommation moyenne (%). La consommation correspond à la quantité de matière fourragère sèche disponible réellement mangée par les animaux. La façon la plus précise de déterminer la consommation consiste à mesurer le pâturage avant et après le broutage, puis à calculer la proportion qui a été consommée. La gestion du broutage est ce qui influe le plus sur la consommation. La formule pour le calcul de l’apport en fourrage brouté figure dans le tableau 1-2.

Tableau 1-1. Calcul de l’apport en fourrage mis en réserve

	Exemple de calcul Luzerne ensilée dans un silo-tour hermétique		Calcul avec vos données
	Unités métriques	Unités impériales	
Rendement annuel du fourrage	6 200 kg de matière sèche/ha	5 530 lb de matière sèche/acre	
Superficie du champ	× 20 ha	× 50 acres	×
Production de fourrage du champ	= 124 000 kg de matière sèche	= 276 500 lb de matière sèche	=
Pertes liées au stockage (voir le tableau 15-1 ou 15-2 (%)) ¹	7 %	7 %	
Proportion restante après soustraction des pertes liées au stockage ((100 – pertes liées au stockage) ÷ 100)	0,93	0,93	
Apport en fourrage du champ = production du champ × proportion restante après soustraction des pertes	= 115 320 kg de matière sèche	= 257 145 lb de matière sèche	=

¹ Les pertes typiques selon les différents systèmes de stockage figurent au chapitre 15. Le tableau 15-1 présente les pertes de foin approximatives, et le tableau 15-2 les pertes d’ensilage, y compris en balles, approximatives.

Tableau 1-2. Calcul de l'apport en fourrage brouté

	Exemple de calcul Pâturage d'espèces vivaces		Calcul avec vos données
	Unités métriques	Unités impériales	
Rendement annuel de l'enclos = somme du fourrage disponible avant chaque broutage	5 580 kg de matière sèche/ha	4 980 lb de matière sèche/acre	
Superficie de l'enclos	× 4 ha	× 10 acres	×
Production de fourrage de l'enclos	= 22 320 kg de matière sèche	= 49 800 lb de matière sèche	=
Consommation (%) = pourcentage du fourrage disponible mangé par les animaux (diviser par 100 pour obtenir une valeur décimale)	× 0,60	× 0,60	×
Apport en fourrage de l'enclos = production de l'enclos × consommation (valeur décimale)	= 13 392 kg de matière sèche	= 29 880 lb de matière sèche	=

Il faut faire les calculs ci-dessus pour chaque champ et chaque enclos de l'exploitation. On additionne ensuite l'apport de chaque champ et de chaque enclos pour obtenir l'**apport en fourrage annuel total** de l'exploitation.

Étape 2. Calcul de la capacité de charge

La quantité de matière sèche consommée peut varier considérablement d'une classe de bétail à l'autre. C'est pourquoi il est plus simple de mesurer la capacité de charge en utilisant des unités animales standard plutôt que des décomptes d'animaux. Une unité animale correspond à 12 kg (26 lb) de matière fourragère sèche consommée par jour. La formule pour le calcul de la capacité de charge figure dans le tableau 1-3.

Tableau 1-3. Calcul de la capacité de charge

	Exemple de calcul		Calcul avec vos données
	Unités métriques	Unités impériales	
Apport en fourrage annuel total (étape 1)	905 784 kg de matière sèche	1 996 912 lb de matière sèche	
Demande (unités animales)	÷ 12 kg de matière sèche/jour	÷ 26 lb de matière sèche/jour	÷ 12 kg or 26 lb
Nombre d'unités animales-jours de fourrage	= 75 482 unités animales-jours	= 76 804 unités animales-jours	=
Nombre de jours d'alimentation des animaux par année	÷ 365 jours	÷ 365 jours	÷
Nombre maximal d'unités animales correspondant à l'apport en fourrage	= 206,8 unités animales	= 210,4 unités animales	=
Superficie totale de la zone de production de fourrage	÷ 94 ha	÷ 232 acres	÷
Capacité de charge	= 2,2 unités animales/ha	= 0,9 unité animale/acre	=

Taux de chargement

Le taux de chargement correspond au nombre annuel moyen d'animaux élevés sur une certaine zone. Comme la capacité de charge, le taux de chargement est le plus souvent utilisé relativement au pâturage, mais il s'agit d'une notion clé dans la planification de la production totale de fourrage de toute exploitation agricole.

Comme dans le cas de la capacité de charge, il est plus simple de mesurer le taux de chargement en utilisant des unités animales standard. Une unité animale équivaut à une vache de boucherie de 454 kg (1 000 lb) qui consomme 2,6 % de son poids en matière fourragère sèche par jour. Autrement dit, une unité animale correspond à 12 kg (26 lb) de matière fourragère sèche consommée par jour. De nos jours, le bovin de boucherie typique est plus gros qu'il ne l'était lorsque la valeur de l'unité animale a été fixée. À maturité, une vache de boucherie de l'Ontario est donc généralement plus grosse que celle de l'unité animale standard (tableau 1-4). La formule pour le calcul du taux de chargement figure dans le tableau 1-5.

Tableau 1-4. Unités animales par tête, selon le poids corporel typique et la quantité de matière sèche consommée estimée

Classe de bétail	Équivalent en unités animales
Vache de boucherie	1,30
Bovin semi-fini	0,79
Bovin de finition	1,19
Génisse de boucherie de remplacement	0,92
Vache laitière, gros gabarit	2,23
Vache laitière, gabarit moyen	1,69
Vache laitière, petit gabarit	1,46
Génisse laitière	0,75
Taureau	2,30
Chèvre laitière	0,26
Chèvre de boucherie	0,15
Chevreau	0,05
Cheval, gros gabarit	1,44
Cheval, gabarit moyen	0,96
Cheval, petit gabarit	0,48
Brebis laitière	0,32
Brebis de boucherie	0,17
Agneau	0,08

Tableau 1-5. Calcul du taux de chargement

	Exemple de calcul		Calcul avec vos données
	Unités métriques	Unités impériales	
Nombre d'animaux dans cette classe	105	105	
Équivalent en unités animales (tableau 1-4)	× 0,92	× 0,92	×
Unités animales	= 96,6	= 96,6	=

Il faut refaire ce calcul pour chaque classe de bétail de l'exploitation. On additionne ensuite le résultat pour chaque classe pour obtenir le **nombre total d'unités animales** de l'exploitation.

Nombre total d'unités animales de l'exploitation	96,6	96,6	
Superficie totale de la zone de production de fourrage	÷ 94 ha	÷ 232 acres	÷
Taux de chargement	= 1,03 unité animale/ha	= 0,42 unité animale/acre	=

MISE EN GARDE

Il faut éviter de confondre les unités animales et les unités nutritives. Les unités animales sont une estimation standard de la quantité de fourrage consommée, alors que les unités nutritives correspondent, sous le régime de la *Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*, à la quantité d'éléments nutritifs qui donne à l'engrais une valeur de remplacement correspondant au moins de 43 kg (95 lb) d'azote ou de 55 kg (121 lb) de phosphate. Dans certains documents de référence, le fumier produit par un nombre donné d'animaux d'une classe est mesuré en unités nutritives, mais celles-ci sont sans rapport avec les unités animales.



Le taux de chargement est essentiellement une décision de gestion. La plupart des exploitations s'efforcent de faire correspondre leur taux de chargement à leur capacité de charge. Comme il est plus économique de produire le fourrage sur place, cette façon de faire maximise le nombre d'animaux élevés tout en réduisant l'achat de fourrage.

Il n'est toutefois pas indispensable de faire concorder le taux de chargement et la capacité de charge. Le taux de chargement des exploitations qui nourrissent leurs animaux exclusivement ou en partie avec du fourrage acheté est plus élevé que leur capacité de charge, par exemple. C'est le plus souvent le cas des exploitations équestres, même si celles-ci ne sont pas les seules à maintenir un taux de chargement supérieur à la capacité de charge. Les exploitations dont le taux de chargement dépasse la capacité de charge doivent planifier avec soin leurs achats de fourrage supplémentaire afin de limiter leurs coûts de production et de maintenir leurs marges de profit.

Cela dit, le coût d'opportunité associé au fait de mener d'autres activités peut suffire à motiver les productrices et producteurs à garder leur taux de chargement en deçà de la capacité de leur exploitation agricole. Pour rendre possibles des activités de production de foin ou de grain, il ne suffit pas que les terres produisent assez de fourrage pour nourrir un grand nombre d'animaux supplémentaires; l'exploitation agricole doit aussi disposer de terres supplémentaires qui ne servent pas à nourrir son bétail. Autrement dit, le taux de chargement de l'exploitation doit être inférieur à sa capacité de charge. Au moment de calculer la capacité de charge aux fins de planification des cultures et des budgets fourragers, il ne faut inclure que la superficie consacrée à la culture des fourrages destinés au bétail élevé sur place.

La révision régulière du taux de chargement et de la capacité de charge d'une exploitation facilite la prise de décisions éclairées concernant le système de production de fourrage. En recalculant ces facteurs chaque année, il est plus facile d'éviter les surprises résultant d'un décalage entre les objectifs de l'exploitation agricole et l'écart entre sa capacité de charge et son taux de chargement.

Types de cultures fourragères

Des végétaux de différentes familles peuvent être cultivés pour le fourrage. Pour choisir les bons, il faut d'abord comprendre leurs caractéristiques et leur rôle dans le système de production de fourrage.

Légumineuses

Dans l'ensemble, les légumineuses ont une teneur en protéines plus élevée que les graminées. Leurs graines croissent dans une gousse. La plupart des légumineuses cultivées pour le fourrage ont des racines pivotantes et de larges feuilles composées (formées de plusieurs folioles) disposées en alternance sur la tige. Les nouvelles pousses naissent sur le collet de la plante, et le point végétatif de chacune des pousses se trouve à son extrémité.

Lorsqu'elles sont bien inoculées, les légumineuses utilisent l'azote atmosphérique, de sorte qu'elles n'ont pas besoin d'engrais azoté. De plus, mélangées aux graminées, elles fournissent à ces dernières une quantité considérable d'azote.

Inoculation

Pour croître normalement, toutes les légumineuses doivent avoir des nodules producteurs d'azote dans leur système racinaire. Ces nodules sont le résultat d'une infection à des bactéries du genre *Rhizobium*. Lorsqu'une légumineuse fourragère est semée régulièrement dans un champ comme culture en rotation, ces bactéries sont habituellement présentes dans le sol et se traduisent habituellement par une bonne nodulation.

Si l'on sème une légumineuse pour la première fois dans un champ, la semence doit être inoculée avec la souche correspondante de bactérie du genre *Rhizobium* avant le semis. Chaque espèce de légumineuse nécessite une souche spécifique de bactéries (tableau 1-6). Le coût du rhizobium est peu élevé si on le compare à celui des semences. En cas de doute quant à sa présence dans le sol, il vaut mieux inoculer les semences. Comme l'inoculant doit être vivant, il faut vérifier la date de péremption et suivre le mode d'emploi figurant sur l'emballage.

Tableau 1-6. Inoculant selon l'espèce de légumineuse fourragère

Légumineuse	Groupe d'inoculant	Espèce de <i>Rhizobium</i>
Luzerne Mélilot	A	<i>Synorhizobium meliloti</i>
Trèfle d'Alsike Trèfle rouge Trèfle blanc	B	<i>Rhizobium trifolii</i>
Vesce commune	C	<i>Rhizobium leguminosarum</i>
Pois velu d'Autriche	EL	<i>Rhizobium leguminosarum biovar viciae</i>
Lotier corniculé	K	<i>Rhizobium loti</i>
Coronille bigarrée	M	<i>Rhizobium</i> spp.
Trèfle d'Alexandrie Trèfle incarnat	R	Possiblement <i>Rhizobium trifolii</i>
Soya	S	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>
Trèfle du Caucase	Non classé	<i>Rhizobium ambiguum</i>

Remarque : Les inoculants sont souvent vendus non pas selon leur espèce, mais selon le groupe (lettre) auquel ils appartiennent.

Source : Adapté de Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, 2015^[1].

L'utilisation de semences préinoculées (enrobées ou non) donne des résultats satisfaisants, à condition que l'inoculant soit appliqué pendant la saison en cours. Quel que soit l'inoculant, il doit bien recouvrir la semence pour avoir une efficacité maximale. Si l'application a lieu à l'exploitation, il faut mettre l'inoculant à la base de la vis de chargement au moment de remplir le semoir. Les fournisseurs vendent également des dispositifs qu'on accroche sur le côté d'un camion, d'un bac-citerne ou d'une remorque à décharge par gravité. Il arrive que des productrices et producteurs utilisent de trop grandes quantités d'inoculants ou de produits de traitement des semences liquides, ce qui peut boucher le semoir ou la vis de chargement ou y créer un dépôt. On peut éviter ces problèmes en appliquant une faible dose de tourbe en même temps, la tourbe ayant la propriété d'absorber l'excédent d'eau.

Certains produits de traitement des semences et certains engrais liquides peuvent nuire au rendement de l'inoculant. Avant d'utiliser un inoculant, il est important de vérifier sur l'étiquette la durée de sa viabilité sur la semence si l'application est effectuée conjointement avec un produit de traitement ou si l'inoculant est mélangé à un engrais liquide.

Il peut être difficile de se procurer des inoculants pour les légumineuses moins courantes. Dans certains cas, ils ne sont pas disponibles au Canada, n'étant pas enregistrés auprès de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. D'autres sont autorisés au Canada, mais ne sont pas vendus dans le commerce. Lorsqu'un inoculant n'est pas disponible et que l'espèce de légumineuse en question n'a jamais été cultivée dans le champ, de l'azote doit être épandu.

Graminées

Les graminées possèdent de nombreuses feuilles longues et minces portées par une tige. Elles ont des racines très fasciculées qui retiennent le sol et empêchent l'érosion. Certaines graminées ont des rhizomes (ou tiges souterraines) qui produisent de nouvelles pousses à partir de chaque nœud. Les graminées à rhizomes peuvent rendre un peuplement plus dense. Les graminées sans rhizomes sont appelées « graminées en touffe ».

La concurrence que livrent les diverses espèces de graminées aux légumineuses varie et influe sur le ratio légumineuse-graminée des cultures établies. Le dactyle pelotonné et le ray-grass, par exemple, font souvent davantage concurrence à la luzerne que la fléole ou le brome.

Les graminées sont moins riches en protéines que les légumineuses lorsqu'on les récolte au même stade de croissance.

Le moment des activités de production de fourrage, comme le broutage, la coupe et l'épandage d'engrais, dépend du stade de croissance de la culture plutôt que de sa hauteur, de son rendement ou de la date. Il existe plusieurs échelles décrivant la croissance des graminées. Celle de Zadoks est présentée à la figure 1-1. Elle est couramment utilisée en Ontario pour décrire le stade de croissance des céréales, mais s'applique tout aussi bien aux graminées.

Pour en savoir plus sur chacun des stades de croissance des céréales et des graminées, voir le guide des stades de croissance des céréales publié par la société Bayer, disponible sur Internet.

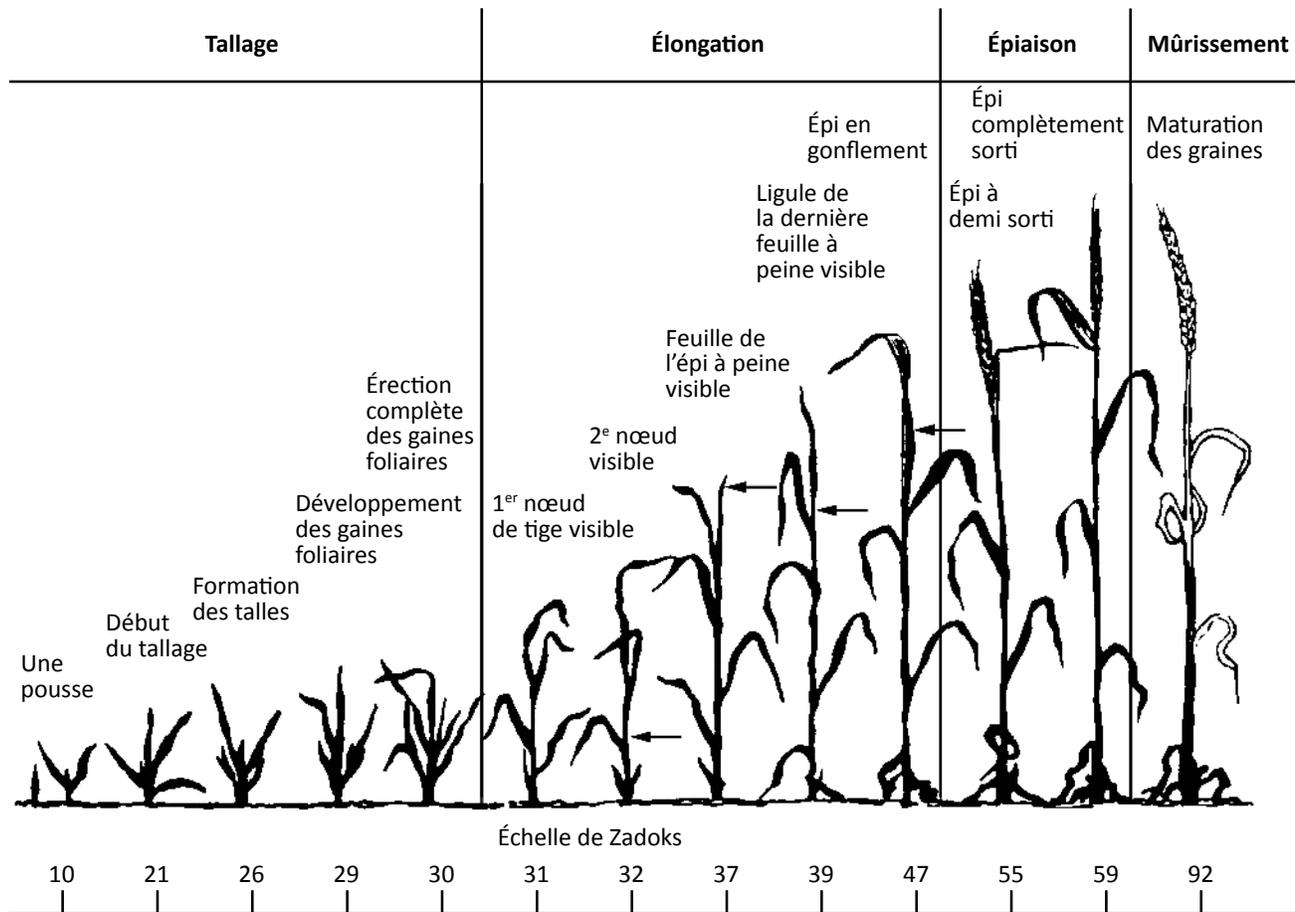


Figure 1-1. Stades de croissance des graminées.

Identification des espèces de graminées

Les graminées peuvent facilement être identifiées en observant leurs feuilles, leur tige et leur inflorescence (tige porte-graines). Les dessins figurant dans les pages qui suivent montrent les différences courantes dans l'anatomie des graminées qui peuvent servir à en déterminer l'espèce (figure 1-2).

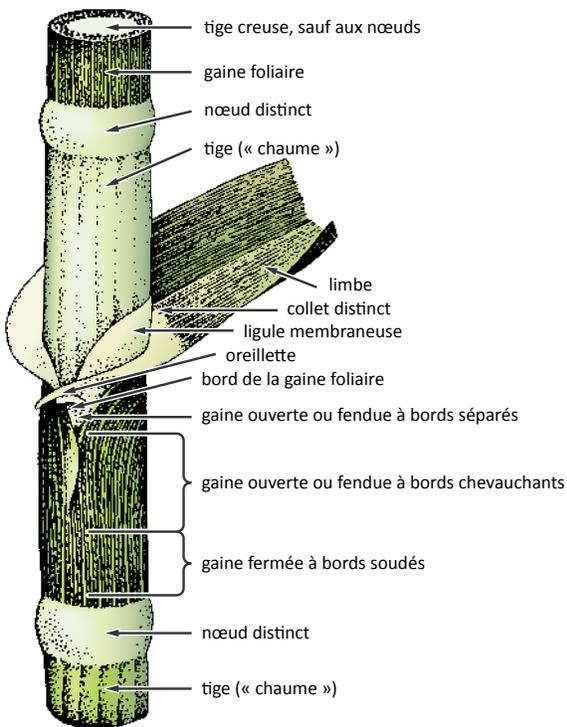


Figure 1-2. L'anatomie des feuilles et de la tige des graminées permet d'identifier ces dernières pendant les stades végétatifs.

La feuille consiste en deux parties, la gaine et le limbe. La gaine est la partie tubulaire qui entoure la tige ou les jeunes feuilles en croissance. La gaine peut être :

- fendue, à bords séparés;
- fendue, à bords chevauchants;
- fermée, formant un tube autour de la tige, avec une petite entaille du côté opposé au limbe (figure 1-3).

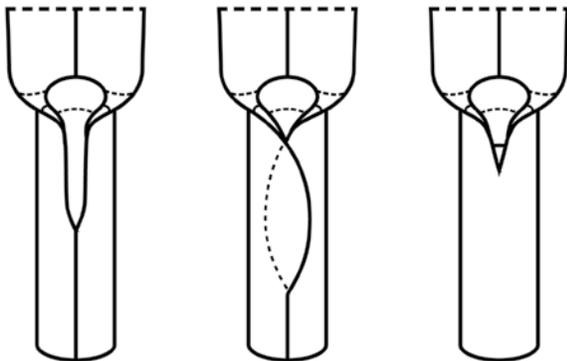


Figure 1-3. Types de gaine : fendue, fendue à bords chevauchants et fermée.

Le limbe est la partie supérieure, non embrassante, de la feuille. Il est habituellement long et plat, mais peut être légèrement plié ou enroulé longitudinalement et filiforme (figure 1-4).



Figure 1-4. Coupe transversale d'un limbe : plat, plié (ou caréné) et enroulé.

Le bout du limbe peut avoir la forme d'un bateau ou être effilé et plat (figure 1-5).

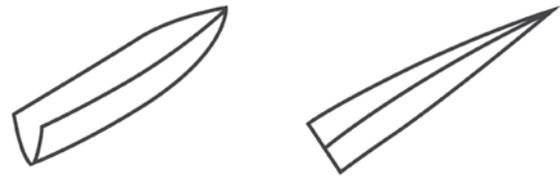


Figure 1-5. Formes de feuille : en forme de bateau ou effilées.

La région qui divise la gaine et le limbe s'appelle le collet (figure 1-2). Le collet peut lui aussi fournir des indices permettant d'identifier les graminées. Il peut être large ou étroit, avoir une nervure principale très visible ou être continu d'un bord de la feuille à l'autre (figure 1-6).

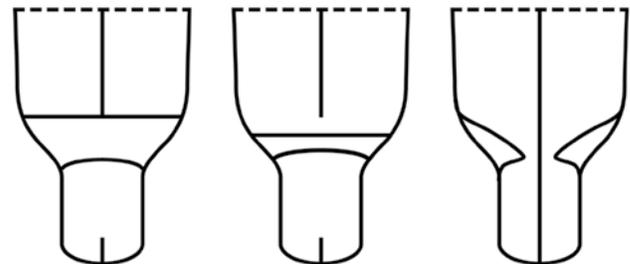


Figure 1-6. Types de collet (vue arrière du limbe) : large, étroit ou divisé par une nervure principale.

On peut trouver sur le collet deux types d'appendice, soit des oreillettes, soit une ligule. Les oreillettes ressemblent à des griffes qui dépassent de chaque côté du collet. Lorsqu'elles ne sont pas totalement absentes, ce qui est souvent le cas, leur taille et leur forme varie de grande et embrassante à petite et mince (figure 1-7).

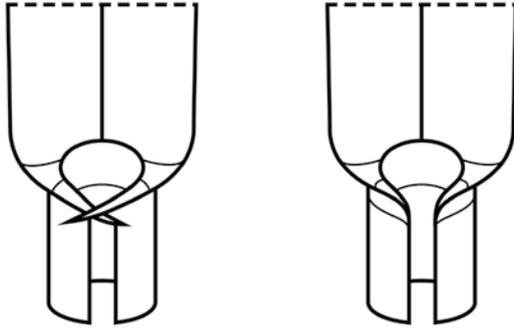


Figure 1-7 Types d'oreillettes : embrassantes et très courtes.

La ligule est une languette membraneuse issue de la face interne du collet, à la jonction du limbe et de la tige; elle pousse vers le haut. Lorsqu'elle est présente, elle peut être formée par une simple couronne de poils ou une membrane mince (figure 1-8).

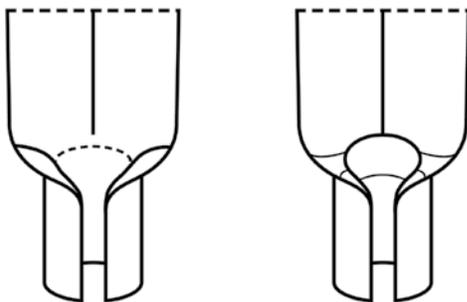


Figure 1-8. Types de ligule.

Les tiges florifères des graminées sont habituellement creuses et de forme ronde ou plate (figure 1-9).

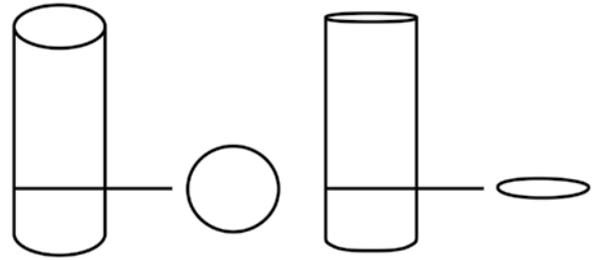


Figure 1-9. Types de tige : ronde et plate.

On trouve trois types de tige porte-graines (figure 1-10), soit la panicule (ramifiée), l'épi (non ramifié, à épillets espacés uniformément) et la panicule en épi (non ramifiée, à épillets espacés uniformément).



Figure 1-10. Types d'inflorescence : panicule (ramifiée), épi (non ramifié) et panicule en épi.

Plantes herbacées non graminoides autres que les légumineuses

Les plantes herbacées non graminoides sont des végétaux qui ne sont ni ligneux, ni des graminées. Ces plantes sont souvent dites « à feuilles larges » dans le contexte des grandes cultures, notamment lorsqu'on les considère comme des mauvaises herbes. Techniquement, les légumineuses sont des plantes herbacées non graminoides, mais comme elles fixent l'azote, les productrices et producteurs de cultures fourragères les connaissent généralement mieux que les autres plantes herbacées non

graminoïdes. Les brassicacées, par exemple, sont les plantes herbacées non graminoïdes autres que les légumineuses les plus souvent utilisées comme fourrage en Ontario, et le pissenlit est l'espèce de mauvaise herbe non graminoïde la plus courante dans les champs de foin.

Les plantes herbacées non graminoïdes autres que les légumineuses peuvent jouer un rôle bénéfique dans un système de production de fourrage. Il est toutefois difficile de faire des généralisations, puisqu'elles ne constituent pas une famille de végétaux distincte. La gestion des plantes herbacées non graminoïdes autres que des légumineuses comme cultures fourragères dépend de l'espèce cultivée.

Choix des espèces

En Ontario, la plupart des champs de foin et des pâturages consistent en un mélange d'espèces fourragères. Comme le bétail peut se nourrir de végétaux variés, la meilleure façon d'obtenir un haut rendement fourrager est de cultiver des espèces dont les conditions de croissance correspondent à celles offertes par l'exploitation et sont compatibles avec les méthodes de gestion de cette dernière.

Le choix d'espèces productives n'a pas à être ardu. La méthode la plus simple est de procéder par élimination.

1. Comment telle culture fourragère s'inscrit-elle dans le système de production de fourrage de l'exploitation? Aucune culture ne peut répondre à tous les besoins en fourrage d'une exploitation. C'est pourquoi déterminer ces besoins est le point de départ de tout plan de culture fourragère. En déterminant à quoi sert chaque culture, il est possible de déterminer les types de végétaux qui conviennent le mieux.

- Les vivaces sont habituellement le choix le plus économique, puisque leurs coûts d'établissement peuvent être amortis sur plusieurs années.

- Les annuelles offrent peut-être un meilleur rendement que les vivaces, mais elles doivent être plantées chaque année, ce qui accroît les coûts de même que les risques associés à la météo pendant les semis. Elles sont cependant parfaites pour remplir les vides de production entre les cultures vivaces.
- La croissance des cultures de saison fraîche est la plus rapide au printemps et à l'automne, alors que les cultures de saison chaude préfèrent la chaleur de l'été.
- La teneur en protéines des légumineuses est généralement plus élevée que celle des graminées, mais comme ces dernières contiennent plus de fibres digestibles, de sucre et d'amidon, elles fournissent plus d'énergie.

La réponse à la question qui précède déterminera quels chapitres du présent guide sont pertinents pour vous dans l'évaluation de vos options en matière de cultures. En effet, comme les cultures à la durée de vie et au moment du taux de croissance maximal analogues sont regroupées dans des chapitres qui leur sont propres, le mélange, à l'intérieur d'un même peuplement, de cultures présentées dans des chapitres différents peut rendre difficile la gestion de la qualité des fourrages. Notons par exemple que la luzerne est une vivace de saison fraîche et que le maïs à ensilage est une annuelle de saison chaude.

2. Quelles propriétés du sol influent sur la production? Même si la topographie et la texture du sol ont une incidence sur l'écoulement en surface et l'absorption de l'eau, il est peu réaliste de vouloir les modifier. Le drainage est une caractéristique qui doit être prise en compte dans la sélection des cultures fourragères, à moins qu'un grand projet de drainage ne soit prévu. Lorsque les conditions de drainage d'un champ ne sont pas favorables à la prospérité d'une culture, celle-ci doit être rayée de la liste des espèces candidates.

L'assimilabilité des éléments nutritifs est à son maximum lorsque le pH du sol est à peu près de 7. Les sols acides contiennent moins d'éléments nutritifs assimilables, ce qui peut limiter la production. Si le mélange de semences est préparé pour un nouvel ensemencement et que le champ doit être labouré, il peut être opportun de corriger le pH du sol en y incorporant de la chaux (voir le chapitre 2, *Fertilité du sol et éléments nutritifs*). Les autres méthodes d'établissement ne permettent toutefois pas toujours d'ajouter de la chaux au sol. Le cas échéant, il faut écarter les espèces qui ne poussent pas bien dans un sol ayant le pH du champ.

En général, les légumineuses sont plus sensibles au pH que les graminées. Lorsqu'un mélange de légumineuses et de graminées est semé, il faut d'abord choisir les légumineuses, puis des graminées complémentaires.

Vous trouverez dans la plupart des chapitres traitant d'espèces cultivables une section ou des figures résumant la tolérance de chaque culture fourragère relativement au pH et au drainage.

3. **Le fourrage est-il destiné à être coupé ou brouté?** La gestion de la récolte prévue doit aussi être prise en compte dans la sélection du mélange. Même si les deux méthodes de récolte entraînent une défoliation, les plantes fourragères ne réagissent pas de la même façon à la coupe et au broutage. Pour assurer leur épanouissement dans le peuplement, choisissez des espèces et des variétés appropriées à la méthode et à la fréquence de récolte.

Vous trouverez dans la plupart des chapitres traitant d'espèces cultivables un tableau sur la pertinence de chaque méthode de gestion de la récolte pour les espèces traitées dans le chapitre.

4. **Combien de temps le peuplement sera-t-il maintenu?** Les travaux de Yousef Papadopoulos et de ses collègues d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (Kentville) sur les cultures de vivaces pendant la saison fraîche ont démontré que, en ce qui concerne les mélanges simples de deux ou trois espèces, les semences sont généralement moins chères à l'achat et les cultures sont plus faciles à gérer dans une rotation et plus susceptibles de produire un meilleur rendement à court terme. Les mélanges complexes de quatre espèces ou plus résistent toutefois mieux aux intempéries et offrent un meilleur rendement à long terme.

5. **Quels animaux se nourriront de ce fourrage?** Les ruminants peuvent se nourrir d'aliments très variés et bien se développer, tant que les nouveaux aliments sont introduits graduellement afin que les microbes du rumen aient le temps de s'y adapter. Chez les chevaux, la fermentation a lieu dans l'intestin postérieur, et cette stratégie digestive différente les rend plus sensibles aux changements dans leur alimentation que les ruminants. Certaines espèces fourragères dont il est question dans le présent guide ne conviennent pas aux chevaux (le texte l'indique, le cas échéant). L'espèce de bétail influence davantage le choix d'un mélange à pâturage que le choix d'un mélange de foin, parce que le comportement et les caractéristiques physiologiques de l'animal ont une incidence sur la production et la gestion des fourrages dans un pâturage. Pour en savoir plus, voir la publication 19, *La culture des pâturages*, du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales (MAAARO).

Des études sur le broutage des cultures couvre-sol (fourrage annuel) suggèrent que le gain moyen quotidien des jeunes animaux est supérieur dans un pâturage constitué d'une seule espèce. Les mélanges complexes offrent toutefois un meilleur rendement, ce qui se traduit par un nombre plus élevé de jours de broutage. Les mélanges complexes pourraient donc mieux convenir aux animaux adultes que les monocultures.

Taux de semis et qualité des semis

Valeur culturelle

Le taux de semis des cultures fourragères est souvent exprimé en valeur culturelle (poids) par superficie, par exemple en kg/ha ou en lb/acre. La valeur culturelle correspond à la quantité de semences viables dans un lot. Les étiquettes des sacs de semence fournissent l'information nécessaire au calcul de la valeur culturelle.

Le pourcentage de semences viables est déterminé en laboratoire par un test de germination.

Les graines de mauvaises herbes et d'autres cultures se trouvant dans un échantillon de 25 g (0,9 oz) sont comptées pour déterminer la pureté de ce dernier.

Pour calculer la valeur culturelle sous forme de pourcentage, on multiplie le pourcentage de germination par le pourcentage de pureté, puis on divise le produit par 100.

Exemple

L'étiquette sur un sac de semences indique un taux de germination de 80 % et un taux de pureté (semences pures) de 94 %.

Pourcentage de germination × pourcentage de pureté ÷ 100 = valeur culturelle exprimée en pourcentage

80 × 94 ÷ 100 = valeur culturelle de 75,2 %

Dans le présent guide, les taux de semis sont indiqués en valeur culturelle, sauf mention contraire.

Classes de semences

La classe « semence certifiée » est la meilleure disponible au Canada pour la production de fourrage. Le classement est effectué par un tiers autorisé. Pour être classé comme semence certifiée, un lot doit respecter certaines normes minimales de germination et de pureté. Ces normes garantissent que la valeur culturelle de chaque lot est élevée. Les seuils varient selon l'espèce.

Les semences certifiées sont généralement vendues sous un nom de variété. Elles sont l'équivalent végétal des bovins de race inscrite. Le profil génétique de chaque variété est connu et répertorié, exprime certaines caractéristiques distinctives par rapport au reste de l'espèce.

Les normes relatives aux taux minimums de germination et de pureté des semences communes sont moins strictes que celles applicables aux semences certifiées. Les semences communes peuvent être classées par le vendeur. Comme il est interdit de les vendre sous un nom de variété, rien ne garantit qu'elles ont les caractéristiques génétiques améliorées des semences certifiées. Les semences communes sont l'équivalent végétal du bétail croisé commercial. Elles produisent des plantes d'une certaine espèce, mais le potentiel génétique ou les caractéristiques de celles-ci sont incertains. Bien qu'il soit interdit de vendre des semences communes sous un nom de variété, les vendeurs peuvent tout de même le faire sous leur nom de marque, pour différencier leurs produits de la concurrence. Les termes « marque » (brand), « MC » (TM) ou « MD » (®) doivent figurer sur les contenants de ces semences afin de les différencier des variétés enregistrées (certifiées)^[2].

Pour en savoir plus sur les normes de pureté et de germination des différentes classes de chaque espèce de semence fourragère, voir l'annexe I du Règlement sur les semences (C.R.C., ch. 1400) sur le site du gouvernement du Canada.

Méthodes d'établissement

Les agricultrices et agriculteurs ont à leur disposition plusieurs types de semoirs à l'efficacité éprouvée. La caractéristique la plus importante d'un semoir est sa capacité à créer un bon contact entre la semence et le sol, afin de faciliter la germination. Souvenez-vous que le matériel d'établissement des fourrages est toujours plus efficace lorsqu'il est bien entretenu et adéquatement réglé. La location de matériel de qualité ou l'embauche d'une entrepreneuse ou d'un entrepreneur d'expérience disposant du matériel adéquat sont deux moyens d'obtenir de bons semis. Différentes méthodes d'établissement des cultures fourragères sont décrites dans les pages qui suivent.

Semis direct

Le semis direct consiste à planter les semences directement dans le sol où la culture doit pousser. Bien gérés, les peuplements fourragers en semis direct sont souvent plus fournis et plus uniformes que ceux établis selon d'autres méthodes d'établissement. Cela est particulièrement vrai pour les espèces de fourrage comme le lotier corniculé, la luzerne et l'alpiste roseau, qui ne tolèrent pas les zones très ombragées.

Le semis direct ne convient cependant pas à toutes les exploitations agricoles. La concurrence des mauvaises herbes est plus intense avec le semis direct qu'avec le semis sous couverture, ce qui limite bien souvent les chances de succès (voir le chapitre 11, *Lutte contre les mauvaises herbes*).

Le semis direct de fourrages est utile lorsqu'il faut accroître rapidement la superficie à récolter pour compenser la destruction d'une culture par l'hiver ou pour combler une hausse des besoins en fourrage. En Ontario, cette méthode est très utilisée avec les sols loameux, y compris les loams limoneux et sableux, puisqu'il faut travailler

du sol pour créer un lit de semence fin et friable, à moins qu'un semoir à semis direct ou un semoir à graminées ne soit utilisé.

Le semis direct sur loam argileux lourd oblige à apporter des soins plus avisés à la préparation du lit de semence et aux semis. Les sols argileux, surtout lorsque le lit de semence est grumeleux, sont plus vulnérables à la sécheresse pendant la germination, ce qui réduit les chances de réussite de l'établissement. Ils sont également plus vulnérables à l'encroûtement et aux problèmes de levée si le semis est suivi de fortes pluies.

Sursemis

Le sursemis est un semis direct dans un peuplement de fourrage vivace. Le peuplement établi peut être vivant ou avoir été détruit au moyen d'herbicide. Un peuplement vivant fait toutefois concurrence aux nouvelles plantules pour la lumière et l'eau. Pour atténuer cette concurrence, le peuplement établi peut être coupé ou brouté ras juste avant le semis.

Le sursemis peut être réalisé à l'aide d'un semoir à semis direct ou d'un semoir à graminées. Le semis à la volée n'est pas une méthode de sursemis fiable, puisque ce n'est pas propice à un bon contact entre la semence et le sol, même après un tassage.

Le sursemis comporte plusieurs avantages par rapport à la méthode traditionnelle. Il permet, par exemple, de réensemencer un sol non labourable sans grandes pertes de temps (travail du sol) et de production de fourrage. Comme la surface du sol n'est pas perturbée, peu de mauvaises herbes annuelles germent, et la perte d'humidité est limitée.

Un semoir à semis direct peut être utilisé pour planter la semence dans le sol d'un gazon existant. Cette méthode de rénovation est la plus susceptible de porter fruit, puisque la semence est plantée à une profondeur suffisante pour être en contact étroit avec les particules du sol et en absorber facilement l'humidité afin de germer.

Il faut modifier le semoir en plaçant les tubes de la trémie de semences à légumineuses de façon à ce que la semence tombe sur les disques ouvre-sillons. Les disques doivent être ajustés pour que la semence et l'engrais soient déposés à une profondeur de 0,5 à 1,5 cm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{3}{8}$ po) dans le sol.

Les semoirs à graminées, conçus pour un semis dans le gazon, sont plus efficaces que les semoirs à céréales modifiés pour établir de nouveaux peuplements. Il existe divers modèles de semoir à graminées adaptés à différents types de gazon et à différents degrés de pierrosité ou de rugosité du terrain. Avant de louer ou d'acheter un semoir à graminées, il importe de vérifier qu'il convient aux conditions du champ à rénover.

Le type d'ouvre-sillon du semoir à graminées influe sur le taux de réussite. On trouve trois grands types d'ouverture : en forme de V, en forme de U et en forme de T inversé. La levée des plantules à partir de sillons en V formés par un disque double ou de sillons en U écrasé obtenus par un traceur à disque est meilleure lorsque l'on utilise des roues plumbeuses qui tassent la semence directement au fond du sillon avant de la recouvrir. On obtient ainsi un bon contact de la graine avec le sol. Les sillons doivent impérativement être fermés pour empêcher l'assèchement de l'ouverture.

Les ouvertures en forme de T inversé sont produites au moyen d'un chisel. Dans des conditions de sécheresse, cette ouverture est considérée comme supérieure aux deux autres, mais quand il y a assez d'humidité, on constate peu d'écarts en ce qui concerne la levée des plantules. Le recours à une herse étrille derrière le semoir ou à des roues plumbeuses permet une meilleure fermeture des sillons en T.

Semis sous couverture

Le semis sous couverture est l'établissement d'un peuplement fourrager vivace en présence d'une culture-abri annuelle, généralement une céréale. La culture-abri fait concurrence aux fourrages au chapitre de l'eau, de la lumière et de l'engrais; si l'un de ces éléments vient à manquer, le semis

fourrager dépérit avant la culture-abri. Le semis sous couverture est le plus efficace au printemps, lorsque la teneur en eau du sol n'est normalement pas un facteur limitant. On ne le recommande pas pour l'établissement estival des fourrages. Le semis sous couverture ne convient pas à certaines espèces vivaces dont il est question dans le présent guide (le texte l'indique, le cas échéant).

La culture-abri s'établit généralement plus rapidement que le fourrage vivace. Elle permet à la fois une fermeture rapide du couvert, ce qui réduit l'érosion, et une récolte à des fins d'ensilage pendant l'établissement du fourrage vivace. Le recours à une culture-abri peut contribuer à la continuité de la production de fourrage pendant une année d'établissement. Le cas échéant, on peut, pour augmenter le rendement en ensilage, utiliser le taux de semis des céréales et la dose d'azote employés normalement. Dans les zones de 2 800 unités thermiques de croissance ou plus, lorsque le sol demeure raisonnablement humide après la récolte, on a de bonnes chances de réussir à faire une coupe à la fin d'août. Pour en savoir plus sur le moment de l'ensilage des récoltes de céréales, voir le chapitre 7, *Annuelles de saison fraîche*.

L'avoine est la meilleure culture-abri, devant, en ordre de compatibilité, les céréales mélangées, l'orge à six rangs, le blé de printemps, l'orge à deux rangs, le blé d'automne et le seigle d'automne. Les mélanges de luzerne ou de lotier semés sous couverture de blé d'automne ou de seigle d'automne donnent souvent de mauvais résultats. En règle générale, pour réduire la concurrence, il vaut mieux choisir la variété de céréale la plus précoce et à la tige la plus courte et la plus forte, toutes espèces confondues.

Semis croisé

Le semis croisé est une méthode d'établissement suivant laquelle le semoir effectue deux passages pour établir la culture fourragère. La moitié de la dose de semis est semée lors du premier passage, et l'autre moitié lors du second passage, effectué à un angle de 45° ou de 90° du premier.

Le semis croisé est recommandé pour l'établissement des fourrages dans les sols menacés par l'érosion (figure 1-11). La répartition des cultures en grille plutôt qu'en rang permet une fermeture précoce du couvert, ce qui protège le sol et nuit à la prolifération des mauvaises herbes. Cette méthode a toutefois pour inconvénient de nécessiter plus de temps et de carburant pour établir la culture.

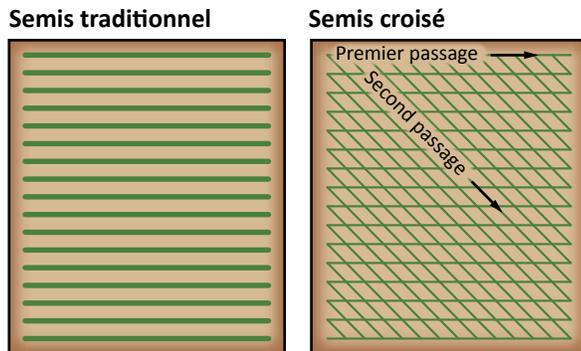


Figure 1-11 : Semis croisé.

Les graminées et les céréales ont des graines plus grosses qui ne permettent pas un bon établissement lorsque semées à la volée. C'est pourquoi il est nécessaire d'utiliser un semoir à semis direct pour l'établissement des graminées et des céréales de printemps lorsque la température de l'air est supérieure à $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lorsqu'on sème sur un sol gelé, il n'est pas essentiel de veiller à la fermeture du sillon, puisqu'il se referme avec le dégel.

La période propice à cette méthode de semis est de courte durée. On obtient généralement les meilleurs résultats lorsqu'il fait environ -3 ou $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ et que le gel commence à faire durcir le sol, souvent vers minuit. Il faut absolument s'arrêter dès que le soleil matinal commence à ramollir la terre. Autrement, la terre dégelée devient collante et peut obstruer le semoir en à peine 15 m (50 pi) de déplacement. Le semis sur sol gelé ne convient pas aux cultures de saison chaude.

Semis sur sol gelé

Le semis sur sol gelé est une méthode d'établissement des fourrages sur un sol légèrement gelé, au début du printemps. Une fois que la neige a fondu et que le sol n'est plus gelé en profondeur, il reste encore souvent plusieurs nuits froides où les températures tombent sous le point de congélation. Étant donné que la mince couche de gel supporte le poids du tracteur, cette technique permet d'éviter le compactage ou l'orniérage. Les légumineuses de fourrage ont souvent de petites graines capables d'un bon contact avec le sol lorsque semées à la volée sur un sol nu connaissant encore des épisodes de gel-dégel périodiques.

Références

1. INCONNU. *Legume Seed Inoculation—Plant Materials Technical Note* (TX-PM-15-01), Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, février 2015.
2. ASSOCIATION CANADIENNE DES PRODUCTEURS DE SEMENCES. *Comprendre les noms de variétés dans les secteurs des semences et des grains* [En ligne]. [<https://seedgrowers.ca/fr/ressources/comprendre-les-noms-de-varietes-dans-les-secteurs-des-semences-et-des-grains/>]

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Identification des graminées de pâturage [fiche technique 06-096], 2006.

VAN SCHAİK, M. « Évaluer maintenant les stocks de fourrages pour optimiser l'alimentation hivernale », dans *Le boeuf virtuel du MAAARO* [En ligne], 2019. [<http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/beef/news/vbn0919a1.htm>]

Fertilité du sol et éléments nutritifs

Les cultures fourragères, comme le bétail, doivent être bien nourries pour être productives et en santé. En règle générale, les éléments nutritifs dont les cultures ont le plus besoin sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Toutefois, les carences en soufre (S) sont de plus en plus courantes en Ontario. L'apport nutritif est à son maximum lorsque le pH du sol est moyen (de 6,0 à 7,5).

Pour en savoir plus sur la nutrition des cultures, voir la publication 611F du MAAARO, *Manuel sur la fertilité du sol*.

Analyse du sol

L'analyse du sol fournit des renseignements sur le pH et sur la quantité de phosphore, de potassium et d'autres éléments nutritifs dans un champ. Une tarière ou une sonde d'échantillonnage doit être utilisée pour le prélèvement d'un échantillon. Dans le cas d'une analyse des oligo-éléments, le tube doit être en acier inoxydable. On peut utiliser un marqueur, une tige de bois ou un tournevis pour retirer la carotte du tube d'échantillonnage et la faire tomber dans un contenant, comme un seau en plastique. Le tube de prélèvement doit atteindre une profondeur de 15 cm (6 po), sauf pour l'analyse

de l'azote des nitrates et du pH dans des champs en semis direct continu. Pour l'analyse de l'azote des nitrates, le tube de prélèvement doit atteindre 30 cm (12 po) de profondeur. Pour l'analyse du pH dans les champs en semis direct continu où de l'azote a été épandu à la volée et où de la chaux sera épandue en surface, le tube de prélèvement doit atteindre 5 cm (2 po) de profondeur.

Un échantillon de sol se compose d'un mélange de carottes représentatives d'une zone donnée. Chaque échantillon-mélange doit contenir au moins 20 carottes prélevées dans une zone d'au plus 10 ha (25 acres). On doit prélever les carottes en parcourant la zone d'échantillonnage en zigzag (voir la figure 2-1). Il faut éviter de prélever des carottes aux abords des chemins en gravier et aux endroits où l'on a entassé de la chaux, du fumier, du compost ou des résidus de culture. On doit également prendre des échantillons distincts dans les zones suffisamment vastes pour être gérées séparément (p. ex. les zones de gestion localisée ou les buttes érodées), et éviter tout prélèvement dans les bandes où de l'engrais a récemment été épandu.

En l'absence d'une sonde ou d'une tarière, on peut utiliser une pelle. Avant de creuser, il est nécessaire de retirer toutes les matières végétales en surface.

On creuse ensuite un petit trou carré d'une profondeur supérieure d'environ 5 cm (2 po) à la profondeur d'échantillonnage recommandée, soit :

- de 20 cm (8 po) de profondeur pour les analyses générales des éléments nutritifs et du pH (échantillons de 15 cm (6 po));
- de 35 cm (14 po) de profondeur pour les analyses générales de l'azote des nitrates (échantillons de 30 cm (12 po)).

Remarque : L'épandage d'azote en surface pendant des années, sans travail du sol, peut entraîner la formation d'une couche acide peu profonde. Pour vérifier si une telle couche s'est formée, on doit prélever un échantillon distinct à faible profondeur (5 cm, ou 2 po). Il faut tenir compte de cette faible profondeur d'échantillonnage lorsque l'on met en œuvre les recommandations de chaulage de l'Ontario.

D'un côté du trou, on coupe et retire soigneusement une tranche de 5 cm (2 po) d'épaisseur avec la pelle. On retire ensuite de la terre de chaque côté de la tranche jusqu'à ce qu'il ne reste qu'une colonne de 5 cm (2 po) de largeur. Cette colonne constitue l'une des « carottes » dont est composé l'échantillon. La profondeur, le nombre et l'emplacement des prélèvements demeurent les mêmes lorsqu'on utilise une pelle. Un soin particulier doit être apporté au prélèvement pour assurer la qualité de l'échantillon, étant donné que la pelle n'est pas conçue pour cette tâche^[1].

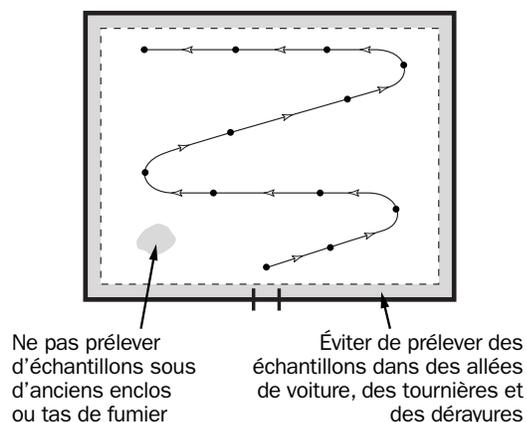


Figure 2-1. Prélèvement d'échantillons-mélanges.

Il faut bien mélanger l'échantillon de sol en prenant soin de briser les mottes et de retirer les pierres et les résidus de végétaux. Il est aussi parfois nécessaire de faire sécher les échantillons de sol à texture lourde (argileux) pour être en mesure de les mélanger et de créer des sous-échantillons. Chaque échantillon ou sous-échantillon – environ 400 g (1 lb) de terre chacun – est ensuite envoyé au laboratoire dans un sac étiqueté.

Il faut prélever des échantillons dans les champs assez souvent pour détecter les changements qui s'opèrent dans le sol avant qu'ils influent considérablement sur le rendement des cultures ou les besoins en engrais. Un échantillonnage aux trois ans suffit pour la plupart des exploitations agricoles. L'analyse est souvent réalisée une fois par cycle de rotation, toujours au même stade. Lorsqu'une grande quantité de potassium est absorbée par les cultures (p. ex. de luzerne à haut rendement ou de maïs à ensilage), sa concentration dans le sol peut changer rapidement. Dans ce cas, il faut échantillonner le sol plus souvent.

Compte tenu des délais de transport et d'analyse, il est préférable de prélever les échantillons à l'automne dans les champs à fertiliser qui seront semés au printemps. Toutefois, vu le surcroît de travail au moment des récoltes et la fréquence des pluies à cette période de l'année, l'été est parfois un meilleur moment. En prenant des échantillons à la même période chaque année, il est possible de faire un suivi précis des tendances au fil du temps.

On peut obtenir des boîtes à échantillons de sol, des feuilles de renseignements et le prix des différentes analyses auprès des laboratoires accrédités ou de nombreux fournisseurs d'engrais et de produits agricoles. La liste des laboratoires d'analyse des sols accrédités en Ontario peut être consultée en ligne.

Chaux et pH du sol

L'échelle de pH, qui va de 0 à 14, sert à définir le degré d'acidité ou d'alcalinité du sol. Le sol est neutre si son pH est de 7,0, acide si son pH est inférieur à 7,0 et alcalin si son pH est supérieur à 7,0. La plupart des grandes cultures poussent bien lorsque le pH du sol se situe entre 6,0 et 8,0. La luzerne et d'autres légumineuses poussent mieux lorsque le pH est supérieur à 6,5, car la nodulation est de loin meilleure dans un sol neutre. Les recommandations relatives au pH pour les différentes cultures fourragères sont présentées dans les chapitres correspondants du présent guide.

Lorsque le pH du sol doit être augmenté par chaulage, la chaux doit être mélangée uniformément avec le sol pour être efficace, car la chaux agricole ne se dissout pas rapidement. Les outils qui mélangent le sol, comme les disques d'un pulvérisateur à attelage déporté, conviennent le mieux à cette tâche.

La correction du pH dans les champs en semis direct est plus complexe. Si toute la couche arable (15 cm (6 po)) est acide, le travail du sol pour y incorporer la chaux s'impose d'emblée comme la seule option réaliste. Le chaulage et la culture en semis direct ne sont néanmoins pas entièrement incompatibles. Dans les champs en semis direct où de l'engrais azoté a été épandu en surface, une mince couche de sol acide peut se former. Pour connaître le pH en surface, il faut prélever un échantillon de 5 cm (2 po) de profondeur. L'épandage fréquent et à faible dose de chaux devrait permettre de neutraliser l'acidité dans la zone concernée.

Bon nombre d'agricultrices et agriculteurs épandent et incorporent une fraction de la quantité de chaux recommandée sur plusieurs années, afin de s'assurer que la chaux soit distribuée uniformément et mélangée grâce au travail du sol. Si cette méthode constitue une excellente mesure préventive, elle est inefficace contre l'acidité élevée.

Phosphore et potassium

Les végétaux ont besoin de phosphore pour leur système racinaire et leurs fonctions métaboliques. Le potassium est, quant à lui, essentiel à la régulation de l'eau dans la plante et à la production d'enzymes. De plus, les vivaces en ont besoin pour leur durcissement préalable à l'hiver.

Les recommandations relatives au phosphate (P_2O_5) et à la potasse (K_2O) sont basées sur des résultats obtenus selon des méthodes reconnues par le MAAARO. Les besoins en phosphate et en potasse des différentes cultures sont présentés dans les chapitres correspondants du présent guide. On doit utiliser ces tableaux uniquement avec des résultats obtenus selon des méthodes reconnues par le MAAARO. Les analyses non reconnues peuvent utiliser des solvants qui extraient des quantités différentes d'éléments nutritifs. Le cas échéant, leurs résultats ne peuvent pas être interprétés correctement avec les tableaux du MAAARO. La liste des laboratoires accrédités peut être trouvée à l'adresse ontario.ca/cultures.

Azote et soufre

L'azote est essentiel à la fabrication de chlorophylle (pour la photosynthèse) et de protéines par les plantes. C'est l'élément qui participe le plus au rendement des cultures autres que les légumineuses. Le soufre quant à lui sert à fabriquer des enzymes et des protéines.

Les formes d'azote et de soufre assimilables par les plantes sont mobiles dans le sol. Les recommandations en matière d'ajout d'azote et de soufre ne sont pas basées sur des analyses de sol. Les recommandations concernant l'azote sont fondées sur des courbes documentées pour chaque culture qui maximisent le rendement de l'azote et les économies connexes. Les légumineuses n'ont pas besoin d'azote supplémentaire, tant que la nodulation se déroule bien. Pour ce qui est des fourrages autres que les légumineuses, les

besoins en azote diffèrent d'une espèce à l'autre. Les recommandations en matière d'azote sont présentées dans les chapitres correspondants du présent guide.

Chez les cultures fourragères ayant besoin de beaucoup de soufre, les carences peuvent être détectées au moyen d'une analyse des tissus végétaux. Cette analyse mesure la concentration d'éléments nutritifs dans les tissus. Elle est particulièrement utile lorsque combinée à une inspection visuelle de l'état de la culture et du sol et à la connaissance de la gestion passée du champ.

Analyse des tissus végétaux

Le moment où l'échantillon est prélevé de même que le stade de croissance du plant se répercutent dans les résultats de l'analyse. La concentration de certains éléments nutritifs varie considérablement selon l'âge du végétal échantillonné et le moment du prélèvement. Les résultats sont difficiles à interpréter si les échantillons sont prélevés en dehors de la période optimale pour la culture en question.

Une assez grande quantité (environ 200 g (0,44 lb)) de végétaux frais doit être recueillie. L'analyse nécessite davantage que quelques feuilles, sans quoi les résultats ne seront pas représentatifs de l'ensemble de la culture.

- Les échantillons de tissus doivent être placés dans des sacs en papier étiquetés. L'échantillon doit provenir des 15 premiers centimètres (6 premiers pouces) à partir du haut de la plante. Il faut éviter de prélever des échantillons dans les zones où l'on a détecté la présence de maladies, d'insectes et de dommages causés par le matériel agricole ou par l'épandage. Il faut savoir que les tissus végétaux placés dans des sacs de plastique pourrissent.
- Il faut échantillonner séparément les zones assez vastes pour justifier une fertilisation et un échantillonnage de sol distincts.

- La contamination de l'échantillon avec de la terre doit être évitée, car même une infime quantité peut fausser les résultats, surtout lorsque l'analyse porte sur les oligo-éléments.
- Les plants qui semblent présenter une carence en éléments nutritifs doivent être échantillonnés dès l'apparition des premiers signes. Le cas échéant, il faut prélever des échantillons dans la zone problématique ainsi qu'un échantillon distinct dans une zone adjacente, mais saine, du champ. Un échantillon de sol doit également être prélevé dans chaque zone et envoyé au laboratoire pour faciliter le diagnostic.

Les échantillons de végétaux doivent être envoyés au laboratoire fraîchement prélevés. Si leur expédition immédiate est impossible, il faut les faire sécher pour en empêcher la détérioration. Le séchage peut se faire dans un four, à 65 °C ou moins, ou au soleil. Une température plus élevée pourrait nuire à l'exactitude des résultats d'analyse de la qualité des fourrages (pour en savoir plus sur l'analyse des éléments nutritifs, voir le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*).

Plusieurs laboratoires situés en Ontario effectuent des analyses de végétaux. La liste des laboratoires d'analyse des sols accrédités en Ontario peut être consultée en ligne. L'analyse des tissus ne fait pas partie du programme d'accréditation du MAAARO. Toutefois, les laboratoires accrédités par le MAAARO disposent des spécialistes et de l'équipement nécessaires à une analyse précise des tissus.

L'analyse des tissus comporte des limites, et l'aide d'experts est parfois nécessaire pour en interpréter les résultats. L'analyse des tissus n'indique pas, par exemple, quelle quantité d'engrais doit être épandue pour corriger une carence, ni si une carence est liée à un problème de fertilité du sol. Comme les carences révélées peuvent être dues à divers facteurs, comme la météo ou la pression exercée par les ennemis et les maladies des cultures, l'analyse des tissus doit être réalisée en conjonction avec une analyse du sol.

Le fumier comme source d'éléments nutritifs

Disponible en abondance dans les élevages de bétail, le fumier est une excellente source d'éléments nutritifs pour les cultures fourragères. On sous-estime souvent la valeur du fumier dans la production des cultures. Il renferme tous les éléments nutritifs dont les végétaux ont besoin, mais pas nécessairement dans les proportions

qui conviennent aux sols et aux cultures. Outre de l'azote, du phosphore et du potassium, le fumier contient de nombreux éléments nutritifs secondaires et oligo-éléments, ainsi que de la matière organique qui contribue à former et à maintenir la structure du sol.

Des travaux effectués en Ontario sur les fourrages vivaces de saison fraîche montrent que l'épandage de fumier peut améliorer le rendement d'une culture par rapport à l'épandage d'engrais seul lorsque la dose de macro-éléments nutritifs (N, P et K) est la même (tableau 2-1).

Tableau 2-1. Rendement et qualité des mélanges de luzerne et de graminées après apport en éléments nutritifs

Traitement	Rendement (en matière sèche)			Qualité ¹			Rendement + Qualité (matière sèche)		
	t/ha	t. c./ acre	Variation en %	kg de lait/t	lb de lait/t. c.	Variation en %	kg de lait/ha	lb de lait/acre	Variation en %
Sans éléments nutritifs ajoutés	5,58	2,49	–	1 518	3 035	–	8 470	7 557	–
Engrais	5,72	2,55	2,4	1 535	3 069	1,1	8 772	7 826	3,4
Défecteur	5,92	2,64	5,7	1 519	3 038	0,1	8 989	8 020	5,8
Épandage de surface en bandes	5,92	2,64	5,7	1 520	3 040	0,2	8 996	8 026	5,8
Injection	6,32	2,82	11,7	1 526	3 052	0,6	9 647	8 607	12,2

¹ MILK2006 est une feuille de calcul Excel qui utilise les résultats d'analyse des fourrages (PB, FDA, FDN et FDN digestibles – pour les définitions, voir le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*) et des valeurs établies par le National Research Council américain pour déterminer une ration équilibrée approximative. Les calculs ont été réalisés avec les valeurs par défaut de la feuille, sauf en ce qui concerne la qualité des fourrages.

Remarque : Ce tableau reflète les résultats obtenus pour les 2^e, 3^e et 4^e coupes lors d'essais menés en 2012 à Oxford Centre, à Salford et à Brooksdale.

Source : Brown, C. Document non publié, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

Analyse du fumier

Il est judicieux de faire analyser le fumier étant donné que la teneur en éléments nutritifs, particulièrement les concentrations de phosphore et de potasse, varie d'une exploitation à l'autre. Le type de bétail, la ration, la litière, les liquides ajoutés au fumier et le mode de stockage sont autant de facteurs qui se répercutent sur les concentrations d'éléments nutritifs. Il est toujours possible d'utiliser, en dernier ressort, des valeurs

moyennes pour la classe de bétail, mais il n'en demeure que les concentrations en éléments nutritifs peuvent varier grandement pour un même type de fumier. La concentration de phosphore étant généralement plus élevée dans les éléments solides, et celle de potassium dans la partie liquide, le degré d'agitation influence les quantités d'éléments nutritifs épandues. Si les modifications apportées aux doses d'engrais en fonction de l'analyse des fumiers sont plus précises que celles qui se basent sur des valeurs moyennes, il est tout

de même possible d'ajuster les valeurs moyennes en vue de futurs épandages d'engrais lorsque des résultats d'analyse sont disponibles après un épandage.

Des concentrations supérieures à la moyenne d'azote, de phosphore ou d'oligo-éléments dans le fumier peuvent indiquer que les concentrations de ces éléments dans l'alimentation du bétail sont plus élevées que nécessaire. L'équilibrage de l'azote par les acides aminés, la diminution de la quantité de phosphore dans les suppléments minéraux ou l'ajout de phytase (une enzyme qui augmente l'absorption du phosphore chez l'animal) sont des moyens de réduire la concentration de ces éléments nutritifs dans le fumier. Il est essentiel de consulter une ou un spécialiste de la nutrition animale avant de modifier les rations.

Plusieurs laboratoires en Ontario offrent des services d'analyse du fumier. Les échantillons doivent être prélevés après que le fumier a été bien agité (forme liquide) ou mélangé (forme solide), chaque fois que la cellule de stockage est vidée, puis envoyés au laboratoire. Après plusieurs analyses, une tendance devrait se dégager des résultats. On doit en outre prélever des échantillons lorsque l'on modifie la ration ou d'autres facteurs de gestion.

Pour envoyer un échantillon au laboratoire, il faut remplir la moitié d'un contenant en plastique, le fermer, l'insérer dans un sac de plastique et le conserver dans un endroit frais jusqu'à son expédition. La plupart des laboratoires expédient des contenants à échantillon sur demande. Comme les contenants en verre peuvent se briser dans le transport, ils ne doivent pas être utilisés. Une bonne solution consiste à utiliser des contenants de beurre d'arachides propres, puisqu'ils ne peuvent pas voler en éclats et qu'ils sont munis d'un couvercle vissable.

L'analyse doit porter sur l'azote, l'azote ammoniacal ($\text{NH}_4\text{-N}$), le phosphore, le potassium et la matière sèche totaux. L'analyse des oligo-éléments, comme le soufre, du pH, de la matière organique et du ratio carbone-azote (pour le fumier solide) peut

fournir de précieuses données pour l'épandage d'engrais. Les résultats d'analyse transmis par les laboratoires accrédités par le MAAARO indiquent les pourcentages d'azote, de phosphore, de potassium et de matière sèche ainsi que la quantité d'azote ammoniacal et d'oligo-éléments en mg/kg (ou ppm) dans le fumier épandu. La plupart des rapports convertissent les pourcentages de phosphore, de potassium et d'oligo-éléments importants dans le fumier en équivalents-engrais commercial, et indiquent s'il y a possibilité de réduire l'utilisation de ces engrais.

La meilleure façon de déterminer la concentration de chaque élément nutritif dans le fumier est d'en faire analyser un échantillon. Malheureusement, il n'est pas toujours possible de le faire, comme dans le cas d'une nouvelle installation. Dans ces circonstances, on peut utiliser des valeurs moyennes pour estimer la quantité d'éléments nutritifs disponibles pour la culture.

Pour connaître ces estimations, voir la fiche technique *Concentration et valeur des éléments nutritifs assimilables contenus dans le fumier de différents types d'élevages* du MAAARO. Les valeurs indiquées se fondent sur les résultats moyens d'analyses de fumiers effectuées dans les laboratoires accrédités de l'Ontario. Les quantités d'azote correspondent aux quantités assimilables selon la pratique d'épandage. Les quantités de phosphate et de potasse correspondent aux quantités d'éléments nutritifs assimilables qui peuvent remplacer ceux apportés par des engrais. On peut utiliser ces valeurs comme point de départ pour calculer l'apport en éléments nutritifs provenant du fumier.

Pour éviter d'endommager les cultures avec le fumier liquide, la quantité d'ammoniacque (NH_3) épandue ne doit pas dépasser 55 kg/ha (50 lb/acre). Autrement dit, la quantité de fumier liquide épandue ne devrait normalement pas dépasser 33 600 à 45 000 l/ha (3 000 à 4 000 gal/acre), bien que la concentration d'ammoniacque dépende du type de fumier et de son mode de stockage.

Épandage du fumier sur les fourrages

Il faut épandre le fumier aussitôt que possible après la récolte. C'est qu'une fois la repousse entamée, soit typiquement 5 jours après la coupe, l'équipement peut endommager les points végétatifs. La croissance d'une culture écrasée doit reprendre à zéro, ce qui réduit le rendement et retarde parfois l'arrivée à maturité dans les zones

écrasées par rapport au reste du champ (voir le tableau 2-2). L'épandage de fumier dans les 5 jours qui suivent la coupe permet d'éviter une réduction de rendement dans les zones de passage à la récolte suivante. Cette pratique est davantage indiquée lorsque les fourrages sont destinés à un ensilage préfané que lorsqu'on produit du foin sec.

Tableau 2-2. Incidence des marques de pneu laissées durant l'épandage de fumier de 9 à 11 jours après la coupe

Légende : PB = protéines brutes FDA = fibres au détergent acide FDN = fibres au détergent neutre
UNTw = unités nutritives totales selon l'équation de Weiss

Traitement	Rendement		Écart (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	Lignine (%)	K (%)	Ca (%)	UNTw
	kg de matière sèche/ha	lb de matière sèche/acre								
Fumier 1	2,084	2,502	–	22.7	30.8	42.2	5.01	2.43	1.46	63.4
Marques de pneu 1	1 435	1 280	(32)	23,7	26,8	33,7	6,12	2,50	1,52	67,2
Fumier 2	2,780	2,480	–	20.7	42.5	52.5	9.12	2.65	1.64	56.0
Marques de pneu 2	1 636	1 460	(41)	24,5	32,9	38,9	7,32	2,69	1,69	60,8

Source : Brown, C. Document non publié, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

L'injection est la meilleure méthode pour réduire la perte d'ammoniac du fumier. Dans le cas des peuplements de luzerne, certaines mesures doivent toutefois être prises pour réduire les dommages au collet. La recherche a démontré qu'à de faibles profondeurs, soit de 1,25 à 2,5 cm (½ à 1 po), l'injection ne réduit pas le rendement de la luzerne. Les peuplements de graminées résistent beaucoup mieux au passage de l'équipement d'injection que ceux de luzerne. L'injection n'est pas toujours indiquée pour les champs inclinés, car le fumier s'écoule le long des pentes et s'accumule dans le bas.

L'épandage de fumier solide sur les cultures fourragères vivantes présente certains défis. Les mottes peuvent étouffer les plants, par exemple, et les bactéries présentes dans le fumier peuvent

contaminer les balles ensilées et rendre le bétail malade. Pour ces raisons, le fumier solide ne doit pas être épandu sur les fourrages sur pied à moins qu'il n'ait une texture très fine. Une mince couche peut facilement être épandue lorsque le fumier solide a la consistance du maïs à ensilage.

Épandage de fumier et maladie de Johne

L'épandage de fumier provenant d'animaux porteurs de pathogènes peut faciliter la propagation des infections. Le risque est encore plus grand lorsque le fumier est épandu sur des cultures destinées à la consommation animale.

La maladie de Johne est une maladie bactérienne chronique et débilitante qui touche les intestins des ruminants, y compris des bovins, des caprins et des ovins. C'est une maladie particulièrement problématique pour les troupeaux laitiers, car même si un grand nombre d'animaux sont infectés, seule une faible proportion (< 5 %) présente des symptômes cliniques, à savoir une diarrhée chronique et une perte de poids extrême. S'ensuit bien sûr une diminution de la production laitière. Les animaux infectés, même asymptomatiques, produisent du fumier qui peut contenir la bactérie. La maladie entre souvent dans les exploitations lorsque des animaux infectés sont achetés.

La maladie de Johne est causée par la sous-espèce *paratuberculosis* de la bactérie *Mycobacterium avium*. Les veaux, surtout ceux ayant moins de six mois, sont les plus susceptibles de contracter la maladie. Les animaux stressés sont eux aussi vulnérables. L'infection est généralement causée par l'ingestion de colostrum ou de lait contaminés par des vaches infectées. C'est pourquoi les stratégies de prévention de la maladie de Johne sont axées sur la gestion des veaux et l'administration de tests de dépistage au cheptel (voir l'article *Healthy Cows for a Healthy Industry* au www.johnes.org [en anglais]). Les animaux, et particulièrement les jeunes, peuvent aussi être infectés en consommant des fourrages contaminés par la sous-espèce *paratuberculosis* de la bactérie *Mycobacterium avium*. L'épandage d'engrais dans les champs fourragers est donc une source potentielle d'infection.

La mycobactérie qui cause la maladie peut survivre jusqu'à un an dans le fumier liquide et jusqu'à six mois dans les champs de foin. Les rayons du soleil, le séchage, un pH élevé, le chaulage, les carences en fer, la fermentation et le compostage sont autant de facteurs qui semblent nuire à la capacité de survie de la mycobactérie. Une bonne gestion du fumier épandu sur les fourrages en tiendra donc compte.

Les stratégies de gestion du fumier suivantes sont suggérées lorsque la maladie de Johne est détectée dans un troupeau :

- éviter d'épandre du fumier dans les pâturages fourragers où vont brouter les jeunes bestiaux pendant la saison de pâturage;
- épandre le fumier liquide en surface le plus tôt possible après la récolte pour tirer parti de l'action bactéricide de la lumière du soleil et du dessèchement;
- épandre du fumier dans les champs dont la culture sera ensilée ou récoltée en vue d'un ensilage préfané. Une bonne fermentation semble tuer la bactérie. Il faut appliquer de bonnes techniques d'ensilage, dont la gestion appropriée de la teneur en matière sèche, le recours, au besoin, à un inoculant pour ensilage, le remplissage rapide, un tassage adéquat et un recouvrement dès que l'installation de stockage est pleine;
- éviter l'épandage de fumier dans les champs cultivés pour la production de foin sec, spécialement si ce foin est destiné à l'alimentation des veaux et des génisses. Là où du fumier est épandu, il doit l'être avant toute repousse. La quantité de bactéries est moindre lorsqu'une période de 30 jours sépare l'épandage de fumier de la récolte. Toutefois, en raison des variations annuelles dans les conditions météo, il est impossible de garantir une élimination complète de la bactérie;
- aux fins d'épandage de fumier, préférer les champs dont le pH est élevé ou qui ont récemment été chaulés.

Les stratégies de gestion de la maladie de Johne sont également efficaces contre d'autres pathogènes (*Salmonella*, *E. coli*, *Cryptosporidium*, entre autres) et plusieurs maladies virales chez les veaux et d'autres bestiaux.

Références

1. CORNELL SOIL HEALTH LABORATORY.
Soil sample collection [En ligne], Cornell College of Agriculture and Life Sciences.
[<https://soilhealthlab.cals.cornell.edu/testing-services/soil-sample-collection/>]

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

« *Johne's Disease: Should Manure Be Applied to Forages?* », dans *Field Crop News* [En ligne], 24 mai 2012. [fieldcropnews.com/2012/05/johne%E2%80%99s-disease-should-manure-be-applied-to-forages/]

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Publication 611F, *Manuel sur la fertilité du sol*, 2018.

CHAPITRE 3

Luzerne

Luzerne

Medicago sativa

La luzerne est une plante à pousse élevée et à tige creuse ou pleine qui peut atteindre de 60 à 100 cm (24 à 40 po). Ses feuilles sont composées de trois folioles de deux à trois fois plus longues que larges et aux extrémités dentées. Ses fleurs sont généralement bleues ou pourpres, mais parfois jaunes ou blanches (figure 3-1).

La tolérance de la luzerne relativement au drainage du sol, au pH du sol et aux différentes méthodes de gestion de la récolte sont présentées au chapitre 5, *Vivaces de saison fraîche*.

La luzerne a une très bonne sapidité pour le bétail et convient parfaitement à la production de foin et d'ensilage. Elle ne survit toutefois pas bien au broutage, qui entraîne par ailleurs un haut risque de ballonnement.



Figure 3-1. Les folioles de luzerne sont de deux à trois fois plus longues que larges.

Source : Undersander et Cosgrove. Université du Wisconsin, 1992.

Texture du sol, drainage et pH

Lorsque les conditions de croissance sont bonnes, la luzerne est la plus productive des légumineuses. Elle nécessite un sol bien drainé (ou travaillé), ayant une bonne fertilité et dont le pH est égal ou supérieur à 6,2. Lorsque les conditions ne sont pas idéales, les plants sont vulnérables aux maladies des racines et à la destruction par l'hiver. La luzerne est productive pendant toute la saison de croissance, mais ne doit pas être récoltée pendant la période de repos d'automne (voir la section *Période de repos d'automne* plus loin dans ce chapitre).

Choix des variétés

Il est fortement recommandé d'utiliser des semences certifiées plutôt que des semences communes. En effet, la seule façon de savoir si le rendement, la persistance, la résistance aux maladies et la maturation conviennent à un champ ou à une exploitation est d'utiliser des semences certifiées.

Une analyse attentive des caractéristiques variétales permet d'apparier la bonne variété aux conditions environnementales et à la gestion de chaque champ. Comme on ne recense plus d'essais de variétés de luzerne menés par des tiers en Ontario, les productrices et producteurs sont invités à s'informer sur les résultats obtenus dans les provinces ou les États avoisinants.

Dormance d'automne et résistance à l'hiver

On évalue la croissance des variétés de luzerne après la coupe d'automne selon une échelle de 1 à 11. Plus le chiffre est élevé, plus la variété croît tardivement à l'automne et précocement au printemps. Une repousse rapide se traduit par un rendement plus élevé. Cela dit, un chiffre élevé (5 et plus) relativement à la dormance d'automne signifie aussi une faible résistance à l'hiver. En effet, la période de dormance de ces variétés s'achève parfois trop tôt au printemps, ce qui les rend plus vulnérables aux gelées tardives, et leur acclimatement à l'hiver ne commence souvent pas assez tôt à l'automne.

Dans la plupart des régions de l'Ontario, les conditions de croissance conviennent aux variétés dont le classement en matière de dormance d'automne est de 4. Cependant, les variétés dont le classement est de 3 peuvent convenir lorsque la destruction par l'hiver constitue un problème récurrent et que :

- l'établissement du peuplement est uniforme et sa densité est bonne avant la destruction par l'hiver;
- la fertilité est adéquate pour la production de luzerne, selon une analyse de sol récente;
- la pression exercée par les ennemis et les maladies des cultures est faible;
- le champ n'a pas été coupé pendant la période de repos d'automne.

La résistance à l'hiver a été quelque peu distinguée de la dormance d'automne pour les variétés dont le classement en matière de dormance d'automne est de 1 à 4. Un classement distinct en matière de résistance à l'hiver est attribué à de nombreuses variétés. Celui-ci correspond à une échelle de 1 à 6, où plus le chiffre est faible, plus la tolérance au froid est grande. Un classement de 2 au chapitre de la résistance à l'hiver convient à la plupart des régions de l'Ontario.

Résistance aux insectes et aux maladies

Indice de résistance aux maladies

Les maladies peuvent diminuer le rendement, la qualité et la persistance des cultures de luzerne. Les variétés de luzerne sont évaluées pour déterminer leur résistance aux maladies suivantes :

- le flétrissement bactérien;
- la verticilliose;
- la fusariose;
- l'anthracnose;
- la pourriture phytophthoréenne;
- la nécrose racinaire précoce (race 1);
- la nécrose racinaire précoce (race 2).

L'indice de résistance aux maladies combine les cotes de résistance à chacune des maladies susmentionnées (tableau 3-1) en une seule valeur. Certains essais ne portent pas sur la nécrose racinaire précoce (race 2). Le cas échéant, un indice parfait équivaut à 30 plutôt qu'à 35. L'indice de résistance d'une variété vulnérable à toutes les maladies évaluées est de 7/35, et celui d'une variété hautement résistante à ces maladies est de 35/35.

Tableau 3-1. Cote de résistance aux maladies des variétés de luzerne

Classe de résistance	% de plants résistants	Cote de résistance
Vulnérable	0 % à 5 %	1
Peu résistante	6 % à 14 %	2
Moyennement résistante	15 % à 30 %	3
Résistante	31 % à 50 %	4
Très résistante	> 50 %	5

Pour en savoir plus sur les maladies prises en compte dans l'indice de résistance aux maladies, y compris leur cycle biologique et les méthodes de dépistage et de lutte afférentes, voir le chapitre 13, *Maladies*.

Résistance à la cicadelle de la pomme de terre

Les feuilles et les tiges des variétés résistantes à la cicadelle de la pomme de terre sont dotées de minuscules poils glandulaires. Ces poils ne sont toutefois pas entièrement présents pendant l'année d'établissement. Si les variétés résistantes sont beaucoup moins susceptibles d'être endommagées par la cicadelle de la pomme de terre, leur rendement peut donc tout de même être affecté par ce ravageur. Après l'année d'établissement, le seuil d'intervention des variétés très résistantes est quatre fois plus élevé que celui des variétés traditionnelles. Pour en savoir plus sur les seuils d'intervention, voir le chapitre 12, *Ennemis des cultures*. Les nouveaux semis de variétés résistantes à la cicadelle de la pomme de terre doivent

tout de même être surveillés. Pendant l'année d'établissement, on doit suivre les seuils relatifs à la cicadelle de la pomme de terre établis pour les variétés traditionnelles.

Les variétés résistantes à la cicadelle de la pomme de terre conviennent particulièrement aux agricultrices et agriculteurs qui ne font pas de dépistage ni de pulvérisation pour lutter contre ce ravageur. Elles constituent en effet une façon simple et pratique de mieux gérer les risques associés à la cicadelle de la pomme de terre.

Pour en savoir plus sur la cicadelle de la pomme de terre, y compris son cycle biologique et les méthodes de dépistage et de lutte afférentes, voir le chapitre 12, *Ennemis des cultures*.

Morphologie des racines

Si les racines de la luzerne peuvent être pivotantes, pivotantes ramifiées ou rhizomateuses (traçantes), la plupart des variétés cultivées en Ontario sont à racines pivotantes.

Les variétés à racines ramifiées ont été sélectionnées pour leur tolérance au drainage imparfait plus élevée que celle des variétés à racines pivotantes. Les variétés à racines ramifiées ont plusieurs racines pivotantes qui émergent de leur collet, sans toutefois s'enfoncer aussi profondément que les racines pivotantes des variétés traditionnelles.

Les variétés à racines rhizomateuses ou traçantes ont un collet très large et des racines latérales appelées rhizomes desquelles de nouveaux plants de luzerne peuvent émerger. Les variétés à racines traçantes ont un collet enfoncé qui leur permet de mieux résister au broutage que les variétés à racines pivotantes traditionnelles. La période de repos entre les broutages est normalement de 30 à 35 jours pour la luzerne ordinaire, et de 45 à 50 jours pour la luzerne à racines traçantes.

Caractéristiques issues du génie génétique

Diverses variétés de luzerne aux caractéristiques issues du génie génétique sont vendues dans l'est du Canada. L'exportation des cultures ayant ces caractéristiques à l'extérieur de l'Amérique du Nord est cependant interdite. De plus, les règlements régissant les produits biologiques interdisent le recours aux organismes génétiquement modifiés dans la production de toute culture certifiée biologique au Canada.

Résistance au glyphosate

La luzerne résistante au glyphosate est vendue sous le nom commercial de RoundUp Ready. Ce type de luzerne survit à la pulvérisation de glyphosate, un herbicide, aux doses indiquées sur l'étiquette. Cette caractéristique offre une solution pratique aux problèmes majeurs de mauvaises herbes à feuilles larges qui requièrent une intervention chimique. Elle a toutefois pour inconvénient d'empêcher la culture de peuplements mixtes. Dans certains cas, les productrices et producteurs sèment de la luzerne résistante au glyphosate au printemps, attendent que les mauvaises herbes lèvent, pulvérisent du glyphosate, puis sèment des graminées à l'automne dans le même champ. Il n'en demeure pas moins que la luzerne résistante au glyphosate est conçue pour la culture de peuplements purs.

Faible teneur en lignine

Une luzerne génétiquement modifiée à faible teneur en lignine a été développée par Forage Genetics International et est vendue sous le nom commercial d'HarvXtra. La lignine est une fibre cohésive qui permet à la plante de maintenir une position verticale. Comme les ruminants sont incapables de digérer la lignine, réduire la teneur en lignine de la luzerne à un stade de croissance donné facilite la digestion de ce fourrage. Cette digestibilité accrue améliore le rendement des ruminants. Des études indépendantes effectuées

aux États-Unis ont montré qu'une teneur réduite en lignine rend le calendrier de récolte de la luzerne plus adaptable, en ce sens où elle permet aux productrices et producteurs soit de récolter un fourrage de plus grande qualité en suivant le calendrier normal, soit de retarder la récolte de 7 à 10 jours pour obtenir un meilleur rendement et une qualité équivalente au fourrage produit selon des méthodes traditionnelles. Dans certains cas, la luzerne à teneur réduite en lignine peut même être coupée une fois de moins par année que la luzerne traditionnelle^[1].

La luzerne à teneur réduite en lignine doit être cultivée et stockée séparément des variétés traditionnelles, puisqu'elle se traduit par un rendement animal différent qui doit être pris en compte dans la mise au point des rations alimentaires.

Établissement

Pour un peuplement de luzerne pur, des semences pures vivantes (valeur culturale) doivent être semées à raison de 13 à 22 kg/ha (12 à 20 lb/acre) (voir le chapitre 1, *Planification et établissement*, pour en savoir plus sur la valeur culturale). Lorsque la gestion est excellente et que les conditions sont favorables à l'établissement, ce taux peut être réduit (de 25 % tout au plus). Il faut toutefois respecter le taux lorsqu'on utilise des semences enrobées, celles-ci étant moins nombreuses par unité de poids. De plus, les mauvaises conditions (p. ex. un lit de semence irrégulier ou une culture-abri dense) ne peuvent être compensées par une augmentation du taux de semis.

Le semis doit être fait de 5 à 12,5 mm (¼ à ½ po) dans les sols argileux ou loameux et de 12,5 à 20 mm (½ à ¾ po) dans les sols sableux. La levée diminue drastiquement si les semences de luzerne sont enfouies à plus de 20 mm (¾ po) de profondeur.

Annuellement, une luzerne qui produit un bon nombre de nœuds peut fixer de 170 à 225 kg d'azote/ha (150 à 200 lb/acre). Pour fixer l'azote efficacement, la luzerne doit être inoculée avec la bactérie *Sinorhizobium meliloti* (groupe d'inoculant A). Pour en savoir plus sur les inoculants, voir le chapitre 1, *Planification et établissement*. Avant d'acheter des semences préinoculées, il faut s'informer sur leur manutention et leur stockage pour se faire une idée de la viabilité actuelle de l'inoculant.

Semis de printemps

La meilleure période pour faire les semis de luzerne est le début du printemps, qu'il s'agisse de semis directs ou de semis sous une culture-abri. Lorsque les semis ont lieu au printemps, le sol est habituellement assez humide, et les plants ont le temps de bien s'établir en vue de l'hiver. Il faut semer dès qu'il est possible de préparer un bon lit de semence, pour accroître la probabilité que les plants bénéficient d'une humidité adéquate pendant la période cruciale englobant la germination et le début de la croissance.

Semis d'été

Les semis d'été peuvent être une solution de rechange viable aux semis de printemps. Ils ont l'avantage de donner un plein rendement l'année suivante. Les semis d'été peuvent normalement suivre une récolte de céréales d'automne ou de printemps. Les cultures-abris ne sont pas recommandées pour les semis d'été, parce qu'elles peuvent exercer une trop grande concurrence pour l'humidité disponible dans le sol.

Si l'on effectue les semis trop tôt en été, on augmente les risques de chaleur et de sécheresse pendant la germination et le développement des plantules. Si l'on sème trop tard, on augmente les risques qu'une gelée meurtrière survienne avant que les plantules n'aient le temps de bien s'établir et d'accumuler suffisamment de réserves dans

leurs racines pour passer l'hiver. Les légumineuses semées après le début de septembre survivent rarement à l'hiver parce que, dans ce cas, les jeunes plants sont plus susceptibles de subir un déchaussement.

Le moment optimal pour les semis d'été de mélanges de luzerne dépend de la durée de la saison de croissance (UTC = unité thermique de croissance) :

- plus de 3 100 UTC – du 10 au 20 août;
- de 2 700 à 3 100 UTC – du 1^{er} au 10 août;
- moins de 2 700 UTC – du 20 juillet au 1^{er} août.

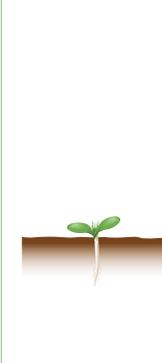
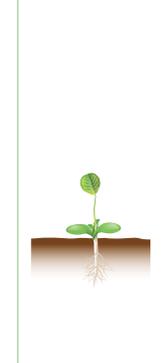
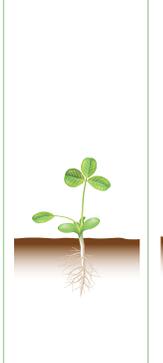
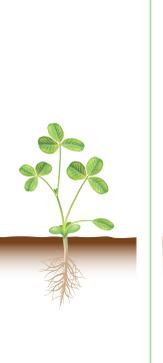
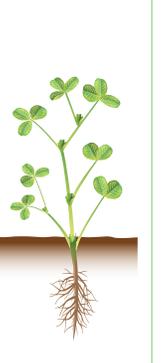
Croissance de la culture

Les figures 3-2 et 3-3 montrent les stades de croissance de la luzerne – de la germination à la pleine maturité. Au début, les jeunes pousses de luzerne sont unifoliées, c'est-à-dire qu'elles ne produisent qu'une seule feuille, au-dessus des cotylédons. Les feuilles qui suivent sont trifoliées (trois folioles par tige) ou multifoliées (plus de trois folioles par tige), selon la variété, et alternes. Les tiges qui poussent après la première (primaire) sont appelées tiges secondaires.

Le collet commence à se constituer, par effet contractile, environ une semaine après la levée, et cette croissance peut durer jusqu'à 16 semaines. Les cellules de la tige situées sous le nœud cotylédonnaire rétrécissent et épaississent pour former le collet. Ceci tire parfois les cotylédons et la première feuille sous le sol. La croissance du collet des variétés dont la classe de dormance d'automne est peu élevée a tendance à être plus forte.

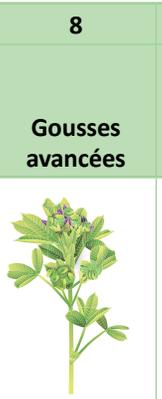
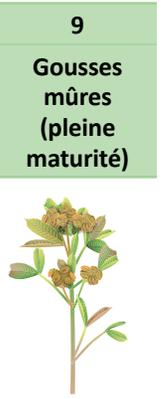
La nodulation des racines a lieu dans les quatre semaines qui suivent la germination, pourvu que les graines soient entourées d'une quantité suffisante de rhizobium viable.

Figure 3-2. Stades végétatifs de la luzerne.

Stade	0					1	2
	Début végétatif					Végétatif intermédiaire	Végétatif avancé
	Germination	Cotylédon	Première feuille unifoliée	Première feuille trifoliée	Troisième feuille trifoliée		
Images							
Remarques		Début de la formation du collet; peut durer jusqu'à 16 semaines.			Longueur de la tige inférieure à 15 cm (6 po). Aucun bourgeon, aucune fleur ni aucune gousse visibles.	Longueur de la tige de 15 à 30 cm (6 à 12 po). Aucun bourgeon, aucune fleur ni aucune gousse visibles.	Longueur de la tige supérieure à 30 cm (12 po). Aucun bourgeon, aucune fleur ni aucune gousse visibles.

D'après Mueller et Teuber, 2007^[2].

Figure 3-3. Stades reproductifs de la luzerne.

Stade	3	4	5	6	7	8	9
	Début bourgeons	Bourgeons avancés	Début floraison	Floraison avancée	Début gosses	Gosses avancées	Gosses mûres (pleine maturité)
Images							
Remarques	1 ou 2 nœuds avec des bourgeons visibles. Aucune fleur ni gousse.	3 nœuds ou plus avec des bourgeons visibles. Aucune fleur ni gousse.	1 nœud avec des fleurs ouvertes. Aucune gousse.	2 nœuds ou plus avec des fleurs ouvertes. Aucune gousse.	1 à 3 nœuds avec des gosses vertes.	4 nœuds ou plus avec des gosses vertes.	Nœuds avec des gosses mûres essentiellement brunes.

D'après Mueller et Teuber, 2007^[3].

Tous les plants de luzerne d'un champ, ni toutes les tiges d'un plant, n'atteignent chaque stade de maturité au même moment. On peut utiliser deux méthodes pour déterminer le stade de croissance d'une culture, soit le stade moyen par comptage et le stade moyen par poids.

Stade moyen par comptage

On commence par recueillir un total de 40 tiges à 5 ou 6 endroits représentatifs des conditions de croissance du champ. On trie ensuite les tiges par stade de croissance (voir les figures 3-2 et 3-3), puis on compte le nombre de tiges correspondant à chaque stade. La méthode du stade moyen par comptage reposant sur une moyenne pondérée, il faut multiplier le nombre de tiges à chaque stade par le numéro du stade. On additionne ensuite le résultat pour chaque stade, puis on divise cette somme par le nombre de tiges (Mueller et Teuber, 2007).

Exemple

Supposons que l'échantillon de luzerne compte :

- 5 tiges au stade 0
- 3 tiges au stade 1
- 8 tiges au stade 2
- 9 tiges au stade 3
- 7 tiges au stade 4
- 6 tiges au stade 5
- 2 tiges au stade 6

Le stade moyen par comptage est calculé comme suit :

$$\frac{(5 \times 0) + (3 \times 1) + (8 \times 2) + (9 \times 3) + (7 \times 4) + (6 \times 5) + (2 \times 6)}{(5 + 3 + 8 + 9 + 7 + 6 + 2)}$$

C'est à-dire :

$$\frac{0 + 3 + 16 + 27 + 28 + 30 + 12}{40}$$

Ou :

$$116 \div 40 = 2.9$$

Le stade moyen par comptage de cet échantillon est donc de 2,9.

Stade moyen par poids

Comme pour la méthode précédente, on recueille un total de 40 tiges à 5 ou 6 endroits représentatifs des conditions de croissance du champ. On trie ensuite les tiges par stade de croissance (voir plus haut les figures 3-2 et 3-3), on les sèche au four à 60 °C puis on les pèse. Le stade moyen par poids est calculé de la même façon que le stade moyen par comptage, à ceci près : on remplace le nombre de tiges par le poids des tiges à chaque stade (Mueller et Teuber, 2007).

Fertilisation

Les besoins en engrais de la luzerne sont élevés (tableau 3-2). Pour en savoir plus sur les besoins en azote, en phosphore et en potassium de la luzerne, voir la section sur la fertilisation du chapitre 5, *Vivaces de saison fraîche*.

Soufre

En Ontario, les carences en soufre (S) dans les champs de luzerne sont fréquentes et se traduisent par des pertes de rendement considérables. Les signes de carence en soufre sont semblables à ceux d'une carence en azote, soit un jaunissement général des plants. La disponibilité du soufre varie d'une année à l'autre en fonction de la température et des précipitations. Comme l'azote, le soufre peut être lessivé et se retrouver hors d'atteinte des racines. Dans le fumier, le soufre est présent sous sa forme élémentaire, laquelle est assimilée par les plantes plus lentement que le sulfate. Les carences en soufre sont plus fréquentes dans le Nord-Ouest de l'Ontario (où les sols sont en amont des grands centres industriels), dans les sols pauvres en matière organique ou qui n'ont pas été amendés avec du fumier depuis plusieurs années. L'échantillonnage de tissus de luzerne est un outil diagnostique qui permet de prévoir l'effet d'un ajout de soufre (voir le tableau 3-3). Au besoin, on épand 6 kg/ha de soufre par tonne prévue de matière sèche produite (5 lb/acre par tonne courte prévue). Comme seul le soufre sous forme de sulfate peut être assimilé par les plantes, l'ajout

de sulfate-S au sol se traduit par une augmentation immédiate du rendement. L'épandage de soufre élémentaire en vrac mélangé à d'autres engrais est un moyen économique d'enrichir le sol en soufre sur une longue période.

Tableau 3-2. Prélèvement des éléments nutritifs par la luzerne

	Une année de production (3 coupes)		Durée de vie (10 coupes)	
	Unités métriques	Unités impériales	Unités métriques	Unités impériales
Rendement	7,78 tonnes de matière sèche/ha	3,47 t. c. de matière sèche/acre	25,34 tonnes de matière sèche/ha	11,30 t. c. de matière sèche/acre
Prélèvement d'azote ¹	244 kg/ha	218 lb/acre	793 kg/ha	708 lb/acre
Prélèvement de phosphate	50 kg/ha	45 lb/acre	164 kg/ha	146 lb/acre
Prélèvement de potasse	233 kg/ha	208 lb/acre	758 kg/ha	676 lb/acre

¹ En supposant que la nodulation a été bonne, la luzerne fixe tout l'azote dont elle a besoin pour croître.
Source : AgriSuite, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

Bore

Le bore (B) est important pour la culture de la luzerne, mais il n'est pas nécessaire d'en ajouter à tous les sols. Les carences en bore touchent surtout les sols sableux à pH élevé. Il convient souvent d'épandre du bore sur les sols sableux, en particulier les loams et les loams sableux de la région située à l'est de l'escarpement du Niagara, jusqu'au comté de Frontenac inclusivement. Les carences en bore sont plus fréquentes dans les sols qui s'assèchent rapidement, lorsque le temps est sec.

À mesure que la carence s'accroît, les jeunes feuilles dans le haut de certains plants commencent à jaunir ou à rougir (figure 3-4). Une telle carence peut compromettre sérieusement la croissance de la luzerne et sa résistance à l'hiver.

Il est possible de corriger ou de prévenir une carence en bore par un épandage à la volée de 1,0 à 2,0 kg de bore/ha (0,9 à 1,8 lb/acre) avec d'autres engrais (p. ex. de la potasse). Le bore ne doit pas être épandu en bandes au semis.



Figure 3-4. Symptôme visible d'une carence en bore : nouvelles feuilles (feuillage supérieur) devenues jaunes ou rouges.

Analyse des tissus végétaux

On recueille des échantillons de tissus en coupant le plant à la hauteur de coupe normale, à la fin du stade du bouton (tableau 3-3). Les plants qui semblent présenter une carence en éléments nutritifs doivent être échantillonnés dès l'apparition des premiers signes. Pour l'échantillonnage fait à d'autres moments que l'épiaison et sur d'autres espèces que la luzerne, il faut prélever les échantillons à la fois dans les zones déficientes et dans les zones saines du champ à des fins de comparaison. Il faut joindre à l'échantillon végétal un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps.

Tableau 3-3. Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux de luzerne

Légende : – = aucune donnée disponible

Élément nutritif	Concentration critique ¹	Concentration normale maximale ²
Azote (N)	–	5,5 %
Phosphorus (P)	0,2 %	0,5 %
Potassium (K)	1,7 %	3,5 %
Calcium (Ca)	–	4,0 %
Magnésium (Mg)	0,2 %	1,0 %
Soufre (S)	0,22 %	–
Bore (B)	20 ppm	90 ppm
Cuivre (Cu)	5 ppm	30 ppm
Manganèse (Mn)	20 ppm	100 ppm
Molybdène (Mo)	0,5 ppm	5 ppm
Zinc (Zn)	10 ppm	70 ppm

¹ Une baisse de rendement en raison d'une carence est à prévoir la concentration d'un élément nutritif donné est au niveau critique ou en deçà.

² La concentration normale maximale d'un élément nutritif donné est amplement suffisante, sans nécessairement entraîner de toxicité.

Remarque : Ces valeurs se rapportent à un plant fauché à une hauteur de coupe normale à la fin du stade du bouton.

Moment de la récolte

Il est toujours difficile de choisir le moment de la coupe. La décision peut être prise suivant la date de l'année, le stade de croissance, les degrés-jours de croissance (DJC), les données provenant d'analyses d'échantillons coupés aux ciseaux et les équations prédictives de la qualité de la luzerne (ÉPQL), entre autres considérations.

Dans le cas d'un peuplement mixte, il faut aussi tenir compte de la maturité des graminées dans le processus décisionnel. Les graminées contiennent plus de FDN, mais aussi plus de FDN digestibles que la luzerne. La qualité des fourrages de graminées diminue plus rapidement à maturité que celle de la luzerne. Une fin tardive de la dormance de la luzerne et un temps frais au printemps se traduisent souvent, dans les peuplements mixtes, par une plus grande proportion de graminées, lesquelles arrivent à maturité avant la luzerne.

Degrés-jours de croissance (DJC)

Pour la luzerne, la température de base aux fins du calcul des DJC est de 5 °C. Pour en savoir plus sur le calcul et l'utilité des DJC pour déterminer le moment de la récolte, voir le chapitre 14, *Récolte*. À noter que dans les sources produites aux États Unis, comme la température de base aux fins du calcul des DJC de la luzerne est de 41 °F, le nombre de DJC nécessaires à la croissance de la culture est beaucoup plus élevé.

Échantillons coupés aux ciseaux et analyses

On doit recueillir des échantillons végétaux une ou deux fois par semaine (du lundi au jeudi), le matin, en coupant les plants à une hauteur de coupe normale. Il importe de couper plusieurs plants à divers endroits choisis au hasard pour obtenir un échantillon représentatif du champ. Les bords et les petites zones endommagées sont toutefois à éviter. Chaque échantillon doit peser environ 225 g (0,5 lb). Toute humidité excessive doit être retirée de l'échantillon avec une serviette avant de placer ce dernier dans un sac de papier. L'échantillon est ensuite expédié au laboratoire par livraison express pour le lendemain. L'échantillon ne doit pas être prélevé un vendredi, un samedi ou un dimanche, afin d'éviter qu'ils ne se gâtent avant d'arriver au laboratoire. Les laboratoires utilisent habituellement des appareils de spectroscopie de réflexion dans le proche infrarouge qui sont étalonnés de façon à obtenir des résultats exacts avec des échantillons frais.

Les résultats sont normalement transmis par télécopie ou courriel le jour suivant. Les coûts d'expédition et d'analyse sont minimes par rapport à celui du fourrage.

Équations prédictives de la qualité de la luzerne (ÉPQL)

La méthode des ÉPQL a été conçue à l'Université du Wisconsin. Elle consiste en un calcul de la teneur en FDN de la luzerne dans une culture sur pied à partir de la tige la plus longue et de la tige dont la maturité est la plus avancée.

Technique :

1. En marchant dans le champ, on sélectionne une zone représentative de 0,2 m² (2 pi²). On détermine ensuite le stade de croissance de la tige à l'état de maturité le plus avancé dans la zone d'échantillonnage. Il peut s'agir d'une tige au stade végétatif (sans bouton visible), du bouton (bourgeons visibles sur au moins un nœud) ou de la floraison (au moins une fleur ouverte sur la tige).
2. On mesure ensuite la longueur de la tige la plus longue dans la zone sélectionnée. La mesure est prise à partir de la surface du sol (hauteur du collet) jusqu'au sommet de la tige (et non pas jusqu'à la hauteur du limbe le plus haut). La tige doit être redressée pour que la mesure soit exacte. La tige la plus longue n'est pas nécessairement celle ayant atteint le stade de maturité le plus avancé. Il faut veiller à mesurer la tige la plus longue, et non pas une tige de longueur moyenne.
3. Une fois que l'on connaît le stade de croissance de la tige dont la maturité est la plus avancée et la longueur de la tige la plus longue, on peut utiliser le tableau 3-4 pour estimer la teneur en FDN du peuplement de luzerne.
4. Ensuite, on répète les étapes précédentes dans quatre ou cinq zones représentatives du champ. Pour les champs de plus de 12 ha (30 acres), on doit procéder à des échantillonnages supplémentaires. Enfin, on calcule la moyenne des estimations pour obtenir la moyenne du champ.

Tableau 3-4. Teneur estimée en fibres au détergent neutre (FDN) de la luzerne

Longueur de la tige la plus longue, du sol au sommet de la tige (cm (po))	Stade de la tige dont la maturité est la plus avancée		
	Végétatif avancé (stade 2)	Stades du bouton (stades 3 et 4)	Stades de la floraison (stades 5 et 6)
41 (16)	28,5	29,7	31,4
43 (17)	29,2	30,4	32,0
46 (18)	29,9	31,1	32,7
48 (19)	30,6	31,8	33,4
51 (20)	31,3	32,5	34,1
53 (21)	32,0	33,2	34,8
56 (22)	32,7	33,9	35,5
58 (23)	33,4	34,6	36,2
61 (24)	34,0	35,3	36,9
64 (25)	34,7	35,9	37,6
66 (26)	35,4	36,6	38,3
69 (27)	36,1	37,3	38,9
71 (28)	36,8	38,0	39,6
74 (29)	37,5	38,7	40,3
76 (30)	38,2	39,4	41,0
79 (31)	38,9	40,1	41,7
81 (32)	39,6	40,8	42,4
84 (33)	40,3	41,5	43,1
86 (34)	40,9	42,2	43,8
89 (35)	41,6	42,8	44,5
91 (36)	42,3	43,5	45,2
94 (37)	43,0	44,2	45,8
97 (38)	43,7	44,9	46,5
99 (39)	44,4	45,6	47,2
102 (40)	45,1	43,6	47,9

Exemple : Pour une tige à la maturité la plus avancée qui est au stade du bouton et une tige la plus longue qui mesure 71 cm (28 po) de longueur, la teneur estimée en FDN est de 38,0 %.

Les ÉPQL estiment la qualité d'une culture sur pied, mais ne tiennent pas compte des variations de qualité causées par le fanage (respiration), la récolte (perte de feuilles) et la mise en réserve (fermentation). Ces facteurs entraînent une augmentation de la teneur finale en FDN qui peut attendre 2 % pour l'ensilage préfané et 6 % pour le foin, lorsque les conditions de fanage et de récolte sont bonnes. Cette méthode donne les

meilleurs résultats avec les peuplements de luzerne en santé qui croissent normalement. Comme la teneur en FDN des graminées d'un peuplement mixte est supérieure à celle de la luzerne, les peuplements à forte densité de graminées doivent être coupés plus tôt.

Des tableaux analogues sont aussi disponibles pour la teneur en FDA et la valeur alimentaire relative (VAR). Il existe une baguette à mesurer facile à lire, dont on peut se servir au champ, sur laquelle les teneurs en FDN estimées par la méthode des ÉPQL sont inscrites.

Les ÉPQL sont un outil conçu pour la prise de décisions concernant la coupe qui ne doit pas remplacer l'analyse des fourrages et l'équilibrage des rations. Des études ont démontré que la méthode des ÉPQL permet d'estimer la teneur en FDN avec un degré d'exactitude raisonnable par rapport aux DJC ou à la coupe aux ciseaux. Sans être parfaite, cette méthode est sans doute plus précise que le recours à la date ou au stade de croissance uniquement.

Les ÉPQL ont été conçues pour les peuplements de luzerne purs. Le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) a récemment lancé un outil nommé Nutri-Fourrager pour les peuplements mixtes de luzerne et de graminées. Il se trouve à l'adresse <https://nutrifourrager.craaq.qc.ca/>.

Période de repos d'automne

La période de repos d'automne (aussi appelée « période critique de récolte d'automne ») de la luzerne est de 450 degrés-jours de croissance (température de base de 5 °C), soit environ 6 semaines, avant la date moyenne de la première gelée meurtrière (-4 °C pendant plusieurs heures), moment où la luzerne cesse de pousser. En évitant

toute coupe pendant cette période, on permet aux plants de luzerne de croître et d'accumuler suffisamment de réserves dans leurs racines pour survivre à l'hiver et se développer avec vigueur au printemps. S'ils sont coupés au début de la période de repos d'automne, les plants de luzerne épuisent leurs réserves racinaires pour repousser. Plus tard dans la période, ils emmagasinent dans leurs racines des glucides produits par la photosynthèse, reconstituant ainsi leurs réserves. Les coupes effectuées au milieu de la période de repos d'automne (3^e et 4^e semaines), lorsque les réserves racinaires sont épuisées, mais que le temps manque pour les reconstituer, sont généralement plus risquées que les coupes au début ou à la fin de la période.

La période de repos d'automne commence autour du 15 août dans le Nord de l'Ontario, du 30 août dans l'Est et le Centre de l'Ontario et du 4 septembre dans le Sud-Ouest de l'Ontario (figure 3-5). Il est toutefois difficile de prévoir le moment de la première gelée meurtrière. Celui-ci correspond rarement à la date moyenne; autrement dit, la date de début de la période de repos d'automne n'est qu'une approximation.

Même sans destruction par l'hiver, les avantages découlant d'une récolte supplémentaire pendant la période de repos d'automne sont généralement annulés par la perte de vigueur et le rendement réduit le printemps suivant. Ce désavantage peut être difficile à constater, mais il demeure important. Des études ont démontré que le rendement perdu en ne récoltant pas pendant la période de repos d'automne est généralement compensé par le rendement de la première récolte de

l'année suivante. La décision de couper un champ à l'automne doit toujours tenir compte des besoins immédiats en fourrage. Lorsqu'on choisit de couper, il peut être profitable de conserver quelques bandes telles quelles, pour les utiliser comme points de référence l'année suivante.

La vieillesse des peuplements, les antécédents de destruction par l'hiver, un sol à faible teneur en potassium ou à faible pH, un mauvais drainage et la pression exercée par les insectes et les maladies sont autant de facteurs qui augmentent le risque de destruction par l'hiver et rendent un champ impropre à la récolte d'automne. La récolte d'automne des nouveaux semis n'est généralement pas recommandée. Les intervalles de coupe de moins de 30 jours augmentent également les risques de destruction, alors que les intervalles de plus de 40 jours (qui permettent la floraison) les réduisent. Le rendement de la première coupe de l'année est souvent mauvais dans les champs coupés l'automne précédent.

Certaines régions de la province, comme la vallée de l'Outaouais, sont plus souvent touchées par la destruction par l'hiver. Lorsque les stocks de fourrage sont suffisants, le risque accru de destruction par l'hiver qu'entraîne une coupe d'automne est beaucoup moins acceptable.

Si une récolte d'automne s'impose, le risque de destruction par l'hiver peut être atténué (mais non éliminé) en coupant la luzerne à la fin de sa croissance, juste avant une gelée meurtrière. Si les faibles réserves des racines sont épuisées par la repousse et qu'il n'y a pas suffisamment de chaume pour retenir la neige et protéger les

collets du froid, la survie des plants de luzerne peut être compromise. Ces risques sont atténués en laissant 15 cm (6 po) de chaume. Il est préférable de limiter les coupes tardives aux champs à faible risque, en l'occurrence où le drainage est bon, où la fertilité est adéquate, où les collets et les racines des plants sont en santé, etc. Les gelées meurtrières surviennent lorsque la température est inférieure à -4 °C pendant plusieurs heures. La valeur nutritive de la luzerne dégingole après une gelée meurtrière, étant donné la perte de feuillage et le lessivage des éléments nutritifs par les précipitations qui s'ensuivent.

Des parties aériennes trop courtes et une capacité insuffisante à retenir la neige peuvent mener au déchaussement par le gel. Si de la glace se forme pendant l'hiver, les chaumes font saillie et permettent à l'air de pénétrer sous la couche de glace. Comme la luzerne coupée repousse à partir des bourgeons du collet ou des bourgeons axillaires, et non pas à partir de l'extrémité coupée de la tige, une coupe plus haute n'empêche pas le recours aux réserves racinaires. Elle permet toutefois aux plants de mieux retenir la neige, laquelle sert d'isolant.



Figure 3-5. Début de la période de repos d'automne de six semaines de la luzerne.

Étouffement

Le danger d'étouffement des peuplements fourragers denses non récoltés est bien réel. On observe parfois un étouffement des plants après l'hiver dans les peuplements serrés de graminées ou de trèfle rouge en raison de l'épaisseur du couvert végétal formé par les parties supérieures. En revanche, la luzerne perd la majeure partie de son feuillage dès la première gelée à pierre fendre, et les tiges demeurent dressées et présentent rarement un risque d'étouffement. S'il existe donc un risque d'étouffement pour les peuplements mixtes, ce n'est pas le cas pour les peuplements purs de luzerne.

Élimination

La coupe est un stress pour le plant de luzerne. Les peuplements en santé devraient être éliminés après avoir été coupés de 9 à 12 fois, car ils deviennent très vulnérables à la maladie et à la destruction par l'hiver. Le maintien d'un peuplement de luzerne au-delà de ce point n'est pas nécessairement aussi économique que son élimination, la rotation vers une autre culture et l'établissement d'un nouveau peuplement de luzerne dans un autre champ. La récolte est la partie la plus coûteuse de la culture fourragère, et le rendement potentiel associé à une élimination planifiée est assez élevé pour justifier le passage de l'équipement de récolte dans le champ.

D'autres agents stressants, comme les mauvaises conditions météo, les ennemis des cultures et les maladies, peuvent compromettre un peuplement avant que le nombre prévu de coupes ait eu lieu. Les peuplements de luzerne doivent être évalués régulièrement afin de confirmer qu'ils sont assez sains et productifs pour justifier leur maintien, y compris au moyen d'un dénombrement des plants et des tiges et d'une évaluation de la santé des racines.

Dénombrement des plants et évaluation de la santé des racines

Lorsqu'une culture sort de sa période de dormance et que de nouvelles tiges commencent à pousser, c'est le moment de procéder à un dénombrement des plants et à une évaluation de la santé des racines pour établir à quel point le peuplement a bien survécu à l'hiver. En cas de problèmes importants, ce premier dépistage permet de sonner l'alarme tôt dans la saison, *avant* le début du travail aux champs.

Le nombre optimal de plants de luzerne en santé par superficie dépend de l'âge du peuplement. Un peuplement de luzerne devient moins dense avec le temps; par contre, le collet des plants plus vieux est plus grand et donne naissance à plus de pousses. Le tableau 3-5 montre combien de plants sains un champ devrait contenir. Lorsque la densité est présentée sous forme de fourchette, celle des peuplements purs doit approcher la valeur la plus élevée, et celle des mélanges de luzerne et de graminées peut approcher la valeur la moins élevée.

Tableau 3-5. Densité souhaitable d'un peuplement de luzerne

Âge du peuplement	Plants sains
Nouveau semis	215 plants/m ² et plus (20 plants/pi ² et plus)
1 ^{re} année	129 à 215 plants/m ² (12 à 20 plants/pi ²)
2 ^e année	86 à 129 plants/m ² (8 à 12 plants/pi ²)
3 ^e année et par la suite	54 plants/m ² (5 plants/pi ²)

Les plants déchaussés ne sont plus sains. Leurs collets sont exposés aux effets dessiccants du vent, et leurs racines pivotantes peuvent être sectionnées. Ces plants ne survivent pas longtemps.

Pour savoir ce qu'il en est, on déterre quelques plants et on ouvre leurs racines. En santé, les racines pivotantes de la luzerne sont de couleur blanche ou crème et sont fermes comme une pomme de terre. Malades, leur centre est jaune ou brun, elles sont filamenteuses et elles sentent parfois la pourriture. Les plants aux racines malades ont peu de chances de survie.

Lorsque la densité de plants sains est inférieure aux cibles du tableau 3-5, les productrices et producteurs ont le temps nécessaire pour étudier leurs options en matière de production de fourrage. Un semis supplémentaire de trèfle rouge (pour les protéines) ou de graminées (pour le rendement) peut être effectué, par exemple. Comme les champs ayant fait l'objet d'un semis supplémentaire ne doivent pas être maintenus l'année suivante, c'est peut-être l'occasion de semer du ray-grass d'Italie, lequel rehausse la sapidité de l'ensilage préfané et de l'ensilage en balles. D'autres graminées peuvent aussi convenir en raison de leur bonne croissance pendant l'été. Il est aussi possible d'éliminer le peuplement et de semer autre chose dans le champ. En raison de l'autotoxicité de la luzerne, elle ne peut être replantée tout de suite dans le même champ, les plantules ne se développeraient pas bien (pour en savoir plus, voir *Autotoxicité sous Autre facteur influant sur la production* plus loin dans ce chapitre).

Un dénombrement des plants peut aussi être effectué à l'automne pour évaluer l'état d'un peuplement avant l'hiver. Les données recueillies peuvent simplifier la décision d'éliminer ou non un peuplement après une année de croissance difficile, ou faciliter l'évaluation des dommages causés par l'hiver après le dénombrement du printemps.

Dénombrement des tiges

Si le dénombrement des plants révèle les problèmes graves tôt dans la saison, le dénombrement des tiges permet quant à lui de bien évaluer le rendement potentiel de la luzerne. Le dénombrement des tiges ne peut être effectué avant que ces dernières n'aient atteint au moins 15 cm (6 po). Toutefois, comme ce dénombrement est fait beaucoup plus tardivement au printemps que le dénombrement des plants, les solutions sont moins nombreuses en cas de problème.

Chaque plant de luzerne compte plusieurs tiges. La figure 3-6 donne un aperçu du rendement potentiel en fonction du nombre de tiges par pied carré.

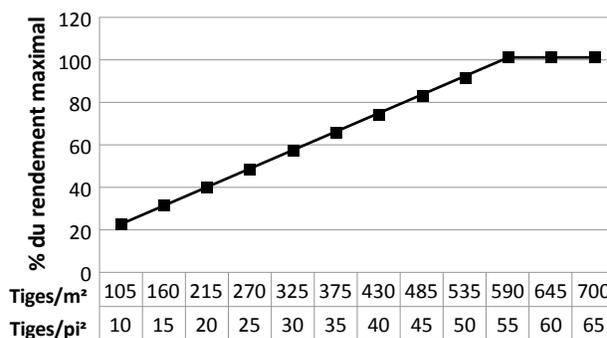


Figure 3-6. Rendement potentiel de la luzerne selon le nombre de tiges par unité de surface.

La récolte est la partie la plus coûteuse d'une culture de foin, et le coût de récolte varie très peu qu'il s'agisse d'une culture de foin à fort ou à faible rendement. Autrement dit, le coût à la tonne du fourrage est moindre lorsqu'on cultive un foin à haut rendement. La récolte d'une culture à faible rendement (à savoir, dont le rendement potentiel est inférieur à 75 %) est généralement trop coûteuse. Il faut penser à remplacer le peuplement s'il compte moins de 430 tiges/m² (40 tiges/pi²) et si le collet et les racines sont en piètre état.

Lorsque la croissance d'un peuplement est suffisamment avancée pour permettre un dénombrement des tiges, le semis supplémentaire n'est plus une option, car la luzerne empêcherait les nouvelles semences de recevoir la lumière et d'absorber l'eau dont elles ont besoin. La plupart des productrices et producteurs qui font face à cette situation font une récolte unique, éliminent le peuplement et sèment autre chose dans le champ.

Gestion de la luzerne dans une rotation des cultures

L'automne est le meilleur moment pour éliminer un vieux peuplement de luzerne en vue d'obtenir un lit de semence approprié au printemps suivant et d'éviter autant que possible une repousse spontanée. La charrue à socs est l'outil le plus efficace pour le travail du sol à cet égard. Pour en savoir plus sur l'élimination chimique de la luzerne, voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures.

Autre facteur influant sur la production

Autotoxicité

Le réensemencement de luzerne immédiatement après une culture de luzerne n'est pas une pratique de rotation des cultures recommandée en raison de l'autotoxicité de cette espèce, des maladies des plantules et de la présence d'insectes nuisibles dans le premier peuplement. L'autotoxicité de la luzerne vient de toxines produites par les plants d'un peuplement établi, lesquelles nuisent à l'établissement et à la croissance des nouveaux plants de luzerne. L'autotoxicité se manifeste

lorsque l'on réensemence de la luzerne après une première culture de luzerne au lieu de procéder à une rotation ou lorsqu'un semis supplémentaire de luzerne est effectué dans un champ de luzerne en vue de le densifier.

L'autotoxicité a pour effets d'inhiber la germination des semences, de réduire la densité de peuplement et d'endommager sérieusement les racines en croissance. Les racines des plants touchés sont gonflées, recourbées et décolorées et n'ont pas de poils absorbants. De plus, à maturité, ces racines semblent plus ramifiées que pivotantes. Les effets sur la croissance des racines peuvent se traduire par d'importantes répercussions sur le rendement.

La gestion de l'autotoxicité de la luzerne peut prendre diverses formes, selon les facteurs en jeu. Les molécules hydrosolubles à l'origine de l'autotoxicité sont plus concentrées dans les feuilles et les tiges que dans les racines. L'élimination de la partie aérienne des plants avant le travail du sol ou le labourage participe à réduire les effets de l'autotoxicité. Les fortes températures accélèrent la dégradation des toxines, et la pluie les éloigne de la zone d'enracinement. Si l'autotoxicité est initialement plus aiguë dans les sols légers, ses effets durent plus longtemps dans les sols lourds.

La notion d'autotoxicité de la luzerne est bien acceptée. Toutefois, l'intervalle minimum entre l'élimination du vieux peuplement (par labourage ou pulvérisation de glyphosate) et le réensemencement ne fait pas consensus. Il faut du temps pour que les toxines se dégradent ou soient emportées hors de la zone des racines. Des études ont démontré que, si un intervalle de seulement deux ou trois semaines est suffisant pour empêcher les effets néfastes sur la germination et les plants, les effets de l'autotoxicité sur la croissance des racines et le rendement des fourrages peuvent quant à eux durer beaucoup plus longtemps.

Rappelons que les effets sur la croissance des racines se traduisent par d'importantes répercussions sur le rendement. Des études ont démontré que les rendements sont moindres après un réensemencement de luzerne, peu importe l'intervalle. Cette perte semble persister d'année en année jusqu'à l'élimination du peuplement. Les peuplements subissant les effets de l'autotoxicité semblent également repousser plus lentement après chaque coupe. Même lorsque la luzerne est éliminée à l'automne puis semée de nouveau au printemps, son rendement est inférieur à celui d'une luzerne semée après un peuplement de maïs. À l'échelle de l'exploitation agricole, une perte de rendement causée par l'autotoxicité est plus difficile à détecter qu'une perte causée par la densité de peuplement; elle est d'ailleurs bien souvent attribuée à d'autres causes. Pour obtenir un rendement maximal lorsque le peuplement de luzerne a deux ans ou plus, il faut semer un autre type de culture et attendre un an avant de semer de nouveau de la luzerne.

Comme les toxines ne sont pas présentes pendant l'année de l'ensemencement initial, les champs aux semis infructueux ou détruits par l'hiver peuvent être ressemés sans crainte des conséquences liées à l'autotoxicité. Cela est aussi valable pour un semis d'été après l'échec d'un semis de printemps, ou un semis de printemps après l'échec d'un semis d'été.

Le semis sous couvert pour augmenter la densité d'un peuplement de luzerne établi n'est pas recommandé, ses chances de succès étant très minces. Bien souvent, les nouveaux semis germent, semblent croître correctement, puis meurent au cours de l'été. Les études ont démontré que la zone d'autotoxicité s'étend sur un rayon de 40 cm (16 po) autour d'un plant établi. Autrement dit, la densité de peuplement d'un champ doit être inférieure à 2 plants/m² (0,2 plant/pi²), c'est-à-dire presque nulle, pour qu'un semis sous couvert ne subisse pas les effets de l'autotoxicité. Dans un peuplement de plus de 14 plants/m² (1,3 plant/pi²), les zones de toxicité se chevauchent fortement, ce qui entraîne un risque élevé d'échec. À la rigueur, il est préférable de semer du trèfle rouge sous-couvert dans les zones clairsemées. Rappelons que le semis sous couvert convient dans le cas d'un peuplement de moins d'un an, puisque les effets autotoxiques de la luzerne sont inexistant pendant cette période.

Références

1. SULC, R. M., A. PARKER, K. ALBRECHT, K. CASSIDA, M. HALL, D.-H. MIN, S. ORLOFF, D. UNDERSANDER et X. XU. *Low Lignin Alfalfa: Wide Area Field Test Results : actes du symposium californien de 2016 sur la luzerne et le fourrage tenu à Reno, au Nevada, du 29 nov. au 1^{er} déc. 2016*, UC Cooperative Extension, Plant Sciences Department, University of California, Davis. (Ces actes et ceux d'autres conférences peuvent être consultés à l'adresse alfalfa.ucdavis.edu.)
2. MUELLER et TEUBER. « *Alfalfa Growth and Development* », *Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones*, 2007.
3. MUELLER et TEUBER. « *Alfalfa Growth and Development* », *Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones*, 2007.

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Prévisions de la qualité de la luzerne à l'aide de la méthode des ÉPQL, 29 juillet 2003.

[http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_ndf.htm]

Alfalfa Autotoxicity, mars 2001. [www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/autotox.htm]

Fauche automnale de la luzerne, 17 septembre 2009. [<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/field/forages/fallcuttingalfalfa.htm>]

Analyse d'échantillons coupés aux ciseaux pour optimiser la qualité des fourrages, 14 mai 2012.

[<http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/scissorcutting.htm>]

Potato Leafhopper in Alfalfa, 13 août 2012.

[www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/potatoleafhopper.htm]

ASSOCIATION POUR L'AMÉLIORATION DES SOLS ET DES RÉCOLTES DE L'ONTARIO. « *Inspection des peuplements de luzerne et planification* », dans le *Bulletin Grandes Cultures* [En ligne], 6 mars 2013.

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Publication 19F, *La culture des pâturages*, 2015.

Maïs à ensilage

Maïs

Zea mays

Le maïs est une grande graminée annuelle de saison chaude souvent dotée de racines échasses (figure 4-1). Ses feuilles au pourtour lisse sont larges, lisses et lustrées. Le maïs produit des fleurs mâles, appelées panicules, et femelles, appelées épis.



Figure 4-1. Ses racines échasses distinguent le maïs des autres graminées annuelles de saison chaude au stade végétatif.

La tolérance du maïs relativement au drainage du sol, au pH du sol et aux différentes méthodes de gestion de la récolte sont présentées au chapitre 8, *Annuelles de saison chaude*.

Le maïs a une très bonne sapidité pour le bétail et convient parfaitement à la production d'ensilage. Comme culture fourragère, le maïs offre un bon rendement; il a une bonne teneur en amidon et en fibres digestibles, mais n'est pas une bonne source de protéines. Les productrices et producteurs qui souhaitent prolonger la saison de pâturage font parfois paître leurs animaux dans un champ de maïs sur pied, mais cette pratique doit être gérée avec prudence en raison des risques de surcharge par les céréales.

Texture du sol, drainage et pH

En Ontario, le travail du sol se fait peu ressentir sur le rendement des sols à texture grossière (sols sableux, sols loameux et loams sableux) qui se drainent bien (classes de drainage « rapide » ou « bon »). Même dans le cas de cultures qui laissent une importante couche de résidus, comme le maïs-grain ou les céréales, le travail du sol concourt peu au rendement. Par contre, il peut accélérer l'assèchement et le réchauffement des sols à texture lourde (sols argileux, loams argileux) dont le drainage est relativement lent, ce qui permet de faire les semis assez tôt et d'obtenir une levée rapide et uniforme.

Dans les systèmes de semis direct, en l'absence d'un travail qui ameublisse le sol et y incorpore les résidus, les champs s'assèchent moins vite au printemps. Cela peut avoir pour effet de retarder les semis et même de réduire le nombre de jours où l'ensemencement est possible. En Ontario, de nombreux types de sols nécessitent un bon drainage au moyen de tuyaux pour qu'un semis direct de maïs tôt dans la saison soit raisonnablement possible. Un bon drainage favorise également la formation d'un lit de semence propice à un enracinement rapide et en profondeur. Les productrices et producteurs qui cultivent des sols à texture fine constatent souvent qu'il est très difficile de réussir un semis direct en l'absence d'un système de drainage artificiel. Lorsque le système de drainage est insuffisant dans ce type de sol, il est souvent nécessaire d'effectuer un travail du sol sous une forme ou une autre à l'automne pour maximiser le potentiel de rendement.

La plupart des grandes cultures poussent bien lorsque le pH du sol se situe entre 6,0 et 8,0. Par rapport aux autres cultures, le maïs tolère modérément les sols à pH faible. Si on le compare à d'autres cultures fourragères, il tolère mieux les pH faibles que la luzerne, mais moins bien que certaines graminées vivaces. Il peut être avantageux de chauler les sols à texture grossière (sableux) dont le pH est inférieur à 6,1 et les sols à texture fine (argileux) dont le pH est inférieur à 5,1. Toutes les recommandations à ce sujet figurent au chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*, de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*. Même si les pH supérieurs à 8,0 n'ont généralement pas d'influence directe sur la croissance des cultures, ils peuvent nuire à la disponibilité des éléments nutritifs. Il n'existe aucune façon pratique de réduire le pH d'un sol.

Les pentes abruptes et les sols vulnérables à l'érosion ne conviennent pas à la production de maïs à ensilage en raison du large écartement des rangs, qui laisse une partie non négligeable du sol exposée aux éléments pendant une grande partie

de l'année. La récolte est normalement effectuée au début de l'automne, et il reste ensuite peu de résidus pour protéger le sol ou le maintenir en place. Les cultures couvre-sol sont compatibles avec la culture du maïs à ensilage et conviennent spécialement aux peuplements dont la durée de vie est de plus d'un an. Elles protègent le sol après la récolte lorsqu'il reste peu de résidus, elles peuvent être semées au début de l'automne lorsque la température est assez clémente pour un bon établissement et, selon l'espèce, elles servent aussi éventuellement de fourrage. Le seigle, par exemple, pousse bien par temps frais, survit bien à l'hiver, et agit comme couvre-sol vivant pendant l'automne, l'hiver et le début du printemps. De plus, il pousse et vient à maturité plus tôt au printemps que les autres céréales d'automne, ce qui permet une récolte hâtive avant l'ensemencement en maïs à ensilage. Lorsque du maïs à ensilage est cultivé sur une pente abrupte ou dans un sol vulnérable à l'érosion, on doit s'assurer de la présence de cultures couvre-sol après la récolte.

Trois moments sont propices à l'établissement des cultures couvre-sol dans les champs de maïs à ensilage : au début de la saison (stades V4 à V6), à la fin de la saison (ensemencement à la volée) et après la récolte. Puisque, dans un champ de maïs à ensilage, le couvert de maïs disparaît au début de l'automne, la culture couvre-sol a de meilleures chances de bien s'y établir que dans un champ de maïs-grain, quel que soit le moment de l'ensemencement. La présence d'une culture couvre-sol dans un champ de maïs à ensilage permet également de l'engraisser avec du fumier. Elle protège en effet le sol contre le compactage pendant le passage de l'équipement d'épandage.

Choix des hybrides

Les principaux facteurs qui interviennent dans le choix des hybrides de maïs à ensilage sont l'optimisation du rendement et la maximisation de la teneur en fibres digestibles et en amidon.

Évaluation de la maturité

La croissance du maïs dépend surtout de la température, particulièrement des semis à l'apparition des soies. Contrairement au soya, la longueur du jour a très peu d'effet sur le rythme de croissance du maïs. Le système des unités thermiques de croissance (UTC) utilisé en Ontario a été élaboré pour évaluer les effets de la température sur la croissance du maïs. On effectue ce calcul à partir des températures maximales et minimales quotidiennes, ce qui permet d'attribuer une cote numérique aux saisons de croissance, aux régions géographiques et aux hybrides de maïs. Grâce à ce système, les productrices et producteurs peuvent choisir les hybrides les plus susceptibles d'atteindre la maturité avant la première gelée meurtrière. La carte des UTC de l'Ontario peut être consultée au chapitre 1 de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*.

Lorsqu'on choisit des hybrides destinés à l'ensilage plante entière, la maturité des grains et le séchage sont des considérations de second ordre; on a généralement avantage, du point de vue du rendement, à choisir des hybrides dont la cote est de 100 à 200 UTC de plus que celle des hybrides destinés à la production de grain.

Contrairement à ce qui se fait pour le maïs-grain, il ne s'effectue aucun essai public concernant le rendement d'hybrides de maïs à ensilage en Ontario. C'est pourquoi il convient de s'entretenir avec un fournisseur de semences pour sélectionner des hybrides qui offrent systématiquement un bon rendement dans différents environnements (types de sol, quantité de précipitation, pratiques agricoles) et diverses conditions météorologiques annuelles. Les meilleures données sur le rendement d'un hybride sont celles qui ont été confirmées par plus d'un essai. En les consultant, on améliore la probabilité de choisir un hybride qui offrira un bon rendement dans l'exploitation.

En l'absence de données sur le rendement en ensilage, on choisit habituellement, pour le maïs à ensilage, des hybrides ayant un rendement potentiel élevé en grains, en supposant une corrélation directe entre le rendement en grains et le rendement global de chaque plant. Si cette supposition peut être utile de manière générale, des essais d'hybrides effectués dans d'autres régions laissent entrevoir une certaine variabilité dans le rapport grains/cannes, ce qui suggère que les hybrides offrant le meilleur rendement en grains ne génèrent pas nécessairement le meilleur rendement en ensilage.

Passage à des hybrides à cycle plus court

Selon l'état du champ, il peut être opportun de retarder les semis et de choisir des hybrides qui arrivent plus rapidement à maturité. Ce changement d'hybride de maïs-grain vise à ce que la culture arrive à maturité sans une trop grande perte de rendement en grains. Par contre, pour une culture de maïs à ensilage, il s'agit d'atteindre un équilibre entre la teneur énergétique et le rendement global. Cette divergence influe sur les critères de sélection d'un nouvel hybride.

Selon des études menées au Wisconsin, le rendement du maïs à ensilage de pleine saison comme fourrage est à son maximum lorsque la culture est semée précocement. Après les dates de transition du maïs-grain, le rendement du fourrage total des hybrides de pleine saison et celui des hybrides à cycle plus court se ressemblent. La teneur en amidon des hybrides à cycle plus court est cependant toujours plus élevée que celle des hybrides de pleine saison, quelle que soit la date du semis.

Tableau 4-1. Dates recommandées pour cesser de semer des hybrides de pleine saison dans différentes zones d'unités thermiques de croissance

Zone d'unités thermiques de croissance (UTC-M1)	Date de transition du maïs-grain	Date de transition du maïs à ensilage
> 3 200	30 mai à début juin	6 juin à mi-juin
2 800 à 3 200	20 au 25 mai	27 mai au 1 ^{er} juin
< 2 800	15 au 20 mai	22 au 27 mai

Source : Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, et d'après Lauer, 2013^[1].

Cet amidon supplémentaire agit sur la qualité fourragère de la culture, et un délai supplémentaire dans l'ensemencement se traduit par un meilleur rendement en lait par acre de l'hybride à cycle plus court par rapport à l'hybride de pleine saison. En Ontario, la date de transition du maïs à ensilage est donc environ une semaine plus tard que celle du maïs-grain (tableau 4-1).

Caractéristiques de l'ensilage

Les hybrides de maïs à double usage offrent un bon rendement aussi bien en grains qu'en ensilage. L'avantage d'un hybride à double usage est de pouvoir choisir l'usage final de la culture selon l'effet des conditions de croissance sur les autres cultures fourragères et le marché des céréales. Les hybrides à double usage ne sont toutefois pas tous aussi digestibles que leur pendant à ensilage. En effet, comme les cultures céréalières doivent être plus résistantes à la verse, la teneur en lignine des hybrides à double usage est parfois élevée. Ces hybrides ont aussi parfois une caractéristique dite de « tenue en vert », c'est-à-dire que la teneur en eau de leurs grains et de leurs tiges diverge pendant le séchage. Cette caractéristique complique le choix du bon moment pour récolter le maïs à ensilage. Comme il est difficile, au moment de semer, de prévoir le rendement du maïs à ensilage et, par conséquent, la superficie de culture réellement nécessaire, il peut être avantageux de réserver une partie de la superficie cultivée pour l'ensilage à la culture d'un hybride pouvant être récolté pour le grain. Certains hybrides spécialement

destinés à l'ensilage ne conviennent pas à la récolte de maïs-grain sec (faible résistance à la verse, intégrité ou séchage des grains inadéquats pour le moissonnage-battage), mais conviennent davantage, dans certains cas, à celle d'un maïs à haute teneur en eau.

La tige des hybrides de maïs à ensilage à nervure principale brune contient de 20 % à 30 % moins de lignine que celle d'autres hybrides de maïs à ensilage. Cette caractéristique améliore la digestibilité de ce maïs à ensilage et se traduit par une prise alimentaire accrue chez le bétail. Le rendement des hybrides à nervure principale brune est généralement inférieur à celui des autres hybrides, mais les sélectionneuses et sélectionneurs continuent de l'améliorer. En raison de la grande prise alimentaire et du rendement inférieur, les productrices et producteurs peuvent être forcés, pour répondre aux besoins du bétail, de consacrer une plus grande superficie de champ à la culture d'hybrides à nervure principale brune que ce qui serait nécessaire pour cultiver des hybrides traditionnels. De plus, vu leur teneur réduite en lignine, les hybrides à nervure principale brune sont plus susceptibles de verser. Pour prévenir la verse, on doit entre autres veiller à ce que la teneur en potassium du sol soit adéquate au moyen d'analyses du sol. Les hybrides à nervure principale brune doivent être cultivés et stockés séparément des autres hybrides, car leur haute teneur en fibres digestibles a une incidence significative sur le rendement des animaux. En isolant les hybrides à nervure principale brune, les nutritionnistes sont mieux à même d'équilibrer la ration.

Les hybrides feuillus ont au moins huit feuilles au-dessus de l'épi, lequel est situé plus bas que celui des hybrides à double usage. Ces caractéristiques accroissent la surface foliaire capable de produire des sucres pour l'épi tout en réduisant la quantité de tige hautement ligneuse nécessaire à sa tenue. Leur rendement en ensilage est généralement comparable à celui des hybrides à double usage. Les hybrides feuillus conviennent à une densité de peuplement faible, soit normalement de 70 000 à 75 000 plants/ha (28 000 à 30 000 plants/acre), et leur qualité fourragère décroît lorsque le peuplement est plus dense, et particulièrement en présence de stress. La teneur en amidon d'hybrides feuillus provenant de peuplements d'essai de 86 450 plants/ha (35 000 plants/acre) cultivés à des fins de recherche s'est révélée être plus faible que celle des variétés à double usage, et leur teneur en lignine plus élevée. Les productrices et producteurs qui envisagent la culture d'un maïs à ensilage feuillu doivent être en mesure d'ajuster la densité de peuplement aux exigences propres à ces hybrides.

Semis

Pour que le maïs germe uniformément, la température du sol doit être d'au moins 10 °C.

Densité de peuplement

On dit souvent que la densité de peuplement du maïs à ensilage doit être supérieure (de 10 %) à celle du maïs-grain. Des travaux menés à l'Université Cornell contredisent toutefois cette idée, ayant démontré qu'une densité supérieure à 86 500 plants/ha (35 000 plants/acre) n'est avantageuse pour aucun des hybrides étudiés. L'hypothèse des chercheuses et chercheurs était que plus la densité de peuplement d'un hybride augmente, plus la digestibilité de l'ensilage décroît. Il est cependant possible que la densité de peuplement optimale puisse varier d'un hybride à ensilage à l'autre, compte tenu de leur diversité génétique. Il convient donc de se renseigner davantage auprès d'un fournisseur de semences sur la densité idéale des hybrides qu'ils offrent.

Profondeur

En ce qui a trait à la profondeur des semis de maïs, la première règle à observer est de déposer la semence dans une couche humide (teneur en eau allant de 25 % à 50 % ou proche de la capacité de rétention du champ). D'autres facteurs servent à déterminer la profondeur idéale des semis. Un semis peu profond de maïs (moins de 2,5 cm (1 po) de profondeur), même dans un sol humide, peut se traduire par un emplacement désavantageux du point végétatif et des premières racines échasses (figure 4-2). Dans certains cas, il peut aussi provoquer le syndrome de l'absence de racines et exposer davantage la semence aux dommages dus aux herbicides. Dans les sols à texture grossière qui s'assèchent rapidement en surface, les racines ont par ailleurs plus de mal à s'établir si les semences ont été enfouies peu profondément.



Figure 4-2. Levée inégale résultant de l'enfouissement des semences à des profondeurs différentes.

La levée des semences placées plus profondément, soit à une profondeur de 5,5 à 8 cm (2 ¼ à 3 ¼ po), peut quant à elle être plus tardive que celle des semences placées à des profondeurs de 3,75 à 5 cm (1 ½ à 2 po), surtout lorsque les sols sont froids au début de la saison des semis. Et qui dit levée tardive dit augmentation du risque d'infestations d'insectes et de maladies des plantules. Au fur

et à mesure que la saison des semis avance et que les sols se réchauffent et s'assèchent, il faut veiller à ce que la semence de maïs soit en contact étroit avec un sol humide, à une profondeur de 5 cm (2 po). Lorsque les semis se prolongent et que le sol se réchauffe, il est souvent moins risqué de semer à une profondeur de 7,5 cm (3 po), où le sol est encore humide, que de le faire à une profondeur moindre en espérant de la pluie.

Sur le plan physiologique, une semence de maïs enfouie dans un sol humide à 3,75 cm (1 ½ po) de profondeur offre un excellent rendement. Malheureusement, même avec un semoir à maïs réglé à une profondeur de 3,75 cm (1 ½ po), certaines semences ne sont pas enfouies assez profondément pour donner une bonne levée si le rayonneur rebondit ou le lit de semence est en mauvais état, inégal ou compacté. Il est donc souvent préférable d'augmenter légèrement la profondeur d'enfouissement du semoir pour éviter que des semences soient enfouies à moins de 3,75 cm (1 ½ po).

Il est possible de mesurer la profondeur de semis longtemps après le début de la saison de croissance. Pour ce faire, on extrait délicatement le plant du sol, retire les racines échasses et repère le mésocotyle, une structure généralement blanche et essentiellement glabre qui va de la graine au collet. En ajoutant 2 cm (¾ po) à la longueur du mésocotyle, on obtient généralement une mesure exacte de la profondeur du semis.

Semer du maïs après les récoltes hâtives de fourrage

Les productrices et producteurs qui souhaitent remplacer une culture de foin ont la possibilité de semer du maïs après une première récolte. Le temps et les unités thermiques de croissance étant limités, cette culture de maïs doit être semée le plus rapidement possible après la récolte de foin.

Il peut donc être très avantageux de procéder à un semis direct du maïs dans le chaume de foin, sans compter que nombre des bienfaits de la culture fourragère précédente au chapitre du maintien de la structure du sol et de la prévention de l'érosion sont préservés, et parfois même bonifiés par le semis direct.

Dans le cadre d'études menées en 1988 et en 1989 près de Woodstock, en Ontario, par l'Université de Guelph concernant le rendement en ensilage du maïs selon différentes méthodes de culture, un gazon de cinq ans (composé à 75 % de luzerne) a été remplacé par une culture de maïs semée – en partie après un travail du sol traditionnel et en partie directement dans le sol – après une récolte de foin (comme ensilage préfané) au début de juin. Les rendements de cette culture faite suivant deux méthodes sont présentés dans le tableau 4-2. Le rendement en ensilage des deux méthodes a été similaire en 1989, mais celui de la méthode du semis direct a été nettement inférieur à l'autre en 1988. Comme il n'est tombé que 7 % des précipitations normales en juin 1988, le semis direct a mené à une mauvaise croissance initiale et à une faible hauteur des plants. Le succès du semis direct de maïs après la récolte de foin en 1989 a, quant à lui, été attribué à une bonne teneur en eau du sol pendant et après l'ensemencement.

Des études analogues réalisées par l'Université du Wisconsin (M. Smith, P. Carter et A. Imholte) de 1985 à 1987 ont donné des résultats relativement similaires. Dans ces études, le rendement en grains du maïs en semis direct après une récolte de foin en début de saison n'était comparable à celui obtenu dans les champs au sol travaillé qu'une année sur trois seulement. L'année où le rendement du maïs en semis direct a été bon, les précipitations pendant le mois de juin ont été au-dessus de la moyenne. Pendant les deux autres années, le rendement du maïs en semis direct a été inférieur de 2 887 kg/ha (46 boisseaux/acre) en moyenne à celui obtenu avec le travail du sol traditionnel.

Tableau 4-2. Incidence sur le rendement en maïs à ensilage de méthodes d'ensemencement après une récolte de foin au début de juin

Méthode d'ensemencement du maïs	Rendement en maïs à ensilage à 65 % d'humidité (tonnes/acre)	
	1988	1989
Travail du sol traditionnel (après une récolte de foin)	17,0	16,6
Semis direct (après une récolte de foin)	8,9	16,8
Date des semis	2 juin	8 juin

Source : G.K.S. Aflakpui, T. Vyn, G. Anderson, D. Clements, M. Hall et C. Swanton. Université de Guelph. Étude réalisée à Woodstock, en Ontario.

Lorsqu'on choisit de semer du maïs après une récolte de foin au début de juin et que la région connaît peu de précipitations, on peut réduire le risque en travaillant le sol avant les semis. Le travail du sol ne préserve aucunement la teneur en eau ni la structure du sol, mais il semble essentiel au bon contact entre la semence et le sol et à la pénétration précoce des racines lorsque le sol est relativement dur et sec. Il s'agit d'un phénomène bien connu en Ontario. S'il est vrai qu'un seul non travaillé à une teneur en eau plus élevée qu'un sol travaillé, lorsque le temps sec s'installe prématurément, les plants de maïs n'arrivent pas à établir leur système racinaire. Le cas échéant, le semis direct donne de moins bons résultats que le semis dans un sol labouré. Donc, même si le sol non travaillé a une meilleure teneur en eau, les racines qui s'y développent ne se rendent jamais jusqu'à celle-ci.

On constate toutefois que, les années où la teneur en eau du sol est adéquate, le maïs en semis direct dans les champs de gazon offre un bon rendement, tant que sa croissance initiale est vigoureuse. Voici quelques conseils en la matière.

- Ce type d'ensemencement exige un semoir avec une pression descendante et une densité de semis globale supérieures à la normale. Les poids légers sont déconseillés.
- Certains gazons plus denses, notamment ceux à forte teneur en graminées, ne peuvent être travaillés adéquatement avec les systèmes à trois coutres que l'on trouve couramment dans les semoirs à semis direct. La bande qui en résulte contient des mottes, est remplie d'air et ne favorise pas la germination ni la croissance initiale du plant. La productrice ou le producteur doit envisager le recours à un coutre simple avec un tasse-résidus pour créer un lit de semence propre et ferme.
- Si la natte racinaire est très dense, par exemple dans les vieux pâturages, il peut être impossible de fermer les sillons avec des roues tasseuses en caoutchouc. Le cas échéant, des roues tasseuses en fonte et une pression descendante maximale pourraient être requises.
- Le désherbage chimique des mauvaises herbes et du gazon est essentiel. Il faut appliquer à la culture de foin un traitement recommandé avant la récolte ou pulvériser des herbicides de prélevée ou de postlevée sur la culture de maïs.

- On doit choisir un hybride dont le nombre d'unités thermiques de croissance convient à la date tardive des semis. Lorsque le maïs est semé tardivement, il est plus probable que la chrysomèle des racines du maïs ponde dans le sol. C'est pourquoi on doit effectuer un dépistage dans les champs afférents et déterminer le risque d'infestation de chrysomèles des racines dans la culture de maïs de l'année suivante. Si l'on trouve moins d'une chrysomèle par plant, le risque est faible, et il ne sera pas nécessaire de recourir à des outils de gestion de ce ravageur, comme les hybrides Bt-CRM.

Croissance de la culture

Les stades végétatifs et reproductifs du maïs sont décrits dans la figure 4-3 et le tableau 4-3.

Stades de croissance foliaire

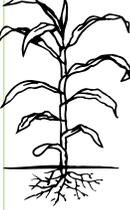
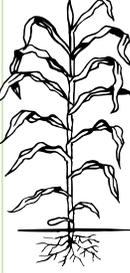
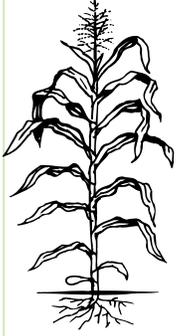
On pourrait penser que le dénombrement des feuilles d'un plant de maïs est une tâche facile, mais certains facteurs peuvent amener à commettre des erreurs. D'abord, il est important d'établir à quelle méthode de dénombrement les étiquettes des pesticides et les autres renseignements de production font référence.

Voici quelles sont ces méthodes :

- méthode de la pointe : dénombrement de toutes les feuilles, y compris de toute pointe qui sort du verticille au sommet du plant;
- méthode de la feuille recourbée : dénombrement des feuilles entièrement déployées et recourbées seulement, la feuille suivante étant visible dans le verticille, mais dressée;
- méthode de la collerette : très employée aux États-Unis, cette méthode correspond au décompte des feuilles dont la collerette est visible. La collerette est la bande vert blanchâtre séparant le limbe de la feuille de sa gaine, qui s'enroule autour de la tige. On désigne les stades de croissance du maïs par les codes V1, V2, V3, etc., V3 désignant un plant qui a trois collerettes visibles.

La figure 4-3 compare les stades de croissance selon les différentes méthodes de dénombrement des feuilles.

Figure 4-3. Stades végétatifs du maïs.

Stage	VE	V1	V4	V6	V8	V12	VT
Images							
Collerettes	0	1	4	6	8	12	(variable)
Pointe	1	3	7	10	11	15	(variable)
Feuille recourbée	0	2	6	8	10	14	(variable)
UTC requises ¹	180	330	630	780	930	1 170	1 130
Date cible ²	16 mai	25 mai	11 juin	18 juin	26 juin	30 juin	18 juillet
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Levée. ◦ La levée se produit généralement de 6 à 21 jours après le semis. ◦ Un rendement élevé passe par une levée uniforme. ◦ Une mauvaise germination peut être due à la présence de hannetons, de vers fil-de-fer, de mouches des semis, de carabes du maïs, de limaces ou de vers-gris noirs. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Début de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes. ◦ Point végétatif sous terre. ◦ Veiller à ce que l'herbicide choisi soit compatible avec le stade de la culture et l'utilisation prévue du fourrage. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Début de l'épiaison. ◦ Point végétatif sous terre. ◦ Expansion des racines échasses qui remplaceront bientôt complètement les racines séminales. ◦ Les risques de dommages occasionnés par les vers-gris et les altises sont maintenant écartés. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Fin de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes. ◦ Les feuilles inférieures (1 à 4) s'assèchent et peuvent ne pas être visibles. ◦ Point végétatif à la surface ou au-dessus du sol. Susceptibilité accrue aux dommages par le gel. ◦ Les épis et les panicules dont la croissance est amorcée sont visibles à la dissection du plant. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Après ce stade, l'épandage d'azote en bandes latérales et le sarclage des entre-rangs peuvent endommager les racines. ◦ Début de l'élongation rapide de la tige. ◦ Les risques de dommages par les limaces sont écartés. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Le rendement de la culture est de plus en plus susceptible d'être amoindri par la chaleur ou la sécheresse. ◦ Période déterminante pour la grosseur de l'épi et le nombre de grains potentiel. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Sortie des panicules (floraison mâle). ◦ La dissémination du pollen commence de 2 à 3 jours avant l'apparition des soies (floraison femelle). ◦ La sécheresse et la chaleur ont pour effet de réduire la viabilité du pollen. ◦ Faire le dépistage du puceron du maïs, de la chrysomèle des racines du maïs adulte et de la larve de cette dernière, laquelle provoque la courbure des tiges en col de cygne.

¹ Nombre approximatif d'UTC nécessaires pour atteindre les différents stades de croissance du maïs.

² Date estimative du début des différents stades de croissance pour des accumulations à long terme d'UTC dans une région recevant en moyenne 2 800 UTC et où les semis sont prévus pour le 5 mai.

Tableau 4-3. Stades reproductifs du maïs

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Stade	Apparition des soies	Gonflement	Stade laiteux	Pâteux mou	Dent	Maturité
Description	Les soies sortent des spathe à la pointe de l'épi.	Les grains sont blancs, remplis d'un liquide transparent et nettement différenciés du reste de l'épi.	Les grains commencent à jaunir, et le liquide qu'ils contiennent est blanc laiteux.	Le liquide laiteux à l'intérieur des grains épaisit et devient pâteux. Le contour des grains s'affermit. Certaines dents apparaissent.	La majorité des grains sont dentés. Une couche dure d'amidon est très visible dans le haut du grain (ligne d'amidon).	Une couche dure d'amidon est très visible de haut en bas du grain. Un point noir se forme à la base du grain.
UTC nécessaires ¹	1 480	1 825	2 000	2 165	2 475	2 800
Date cible ²	20 juillet	3 août	11 août	18 août	1 ^{er} sept.	18 sept.
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> ◦ La pollinisation dure de 3 à 7 jours. ◦ Les soies continuent de s'allonger jusqu'à leur fécondation. ◦ À ce stade, le rendement en grains peut être gravement compromis par les stress environnementaux. ◦ Commencer le dépistage des insectes nuisibles à l'épi (ver de l'épi du maïs et légionnaire d'automne). 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Les grains commencent à accumuler de la matière sèche. ◦ Les éléments nutritifs commencent à migrer des feuilles et des tiges vers les épis. ◦ Les feuilles inférieures peuvent rougir. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Période de remplissage rapide des grains. ◦ La bonne santé des plants, le beau temps et la photosynthèse active favorisent la production de grains plus gros et d'un poids spécifique plus élevé. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ La partie supérieure du grain commence à durcir. ◦ Les gelées meurtrières peuvent causer des pertes de rendement de 25 % à 40 %. ◦ Commencer à mesurer l'incidence de la pourriture de l'épi. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ La ligne d'amidon progresse vers la base du grain au fur et à mesure que la culture arrive à maturité. ◦ La teneur en eau des plants entiers convient à l'ensilage. ◦ Quand la ligne d'amidon parvient à la moitié de la hauteur du grain, le maïs a atteint 90 % de son rendement en grains. ◦ Parcourir le champ à la recherche de signes de verse, d'affaissement des épis et de pourriture de la tige. Si de nombreux plants présentent ces signes, penser à récolter plus tôt. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Maturité physiologique. ◦ Les grains ont atteint leur poids sec maximal.

¹ Nombre approximatif d'UTC nécessaires pour atteindre les différents stades de croissance du maïs.

² Date estimative du début des différents stades de croissance pour des accumulations à long terme d'UTC dans une région recevant en moyenne 2 800 UTC et où les semis sont prévus pour le 5 mai.

Fertilisation

Les interventions et les recommandations en matière de fertilisation relatives au maïs à ensilage et au maïs-grain sont en général similaires. Le chapitre 1, Maïs, de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, présente l'ensemble des recommandations touchant les éléments nutritifs dont a besoin le maïs.

Lorsqu'on cultive le maïs dans le cadre d'un élevage de bétail, il est essentiel de tenir compte de l'apport en azote provenant d'autres sources que

l'engrais (fourrages de légumineuses ou épandage de fumier). Dans l'établissement d'un budget pour la fertilisation, il est aussi important de tenir compte du fait que le maïs cultivé pour l'ensilage prélève beaucoup plus de phosphate et de potasse que celui récolté pour le grain ou la canne (voir le tableau 4-4). Il est donc nécessaire, pour obtenir les teneurs recommandées dans l'analyse de sol, d'ajouter plus de phosphore et de potassium pendant la rotation que dans le cas d'une culture de maïs-grain seulement.

Tableau 4-4. Prélèvement des éléments nutritifs par le maïs récolté pour le grain ou l'ensilage

	Maïs-grain		Maïs à ensilage	
	Unités métriques	Unités impériales	Unités métriques	Unités impériales
Rendement ¹	7,5 tonnes/ha	3,3 tonnes courtes/acre	15 tonnes de matière sèche/ha (50 tonnes/ha à 70 % de teneur en eau)	6,7 tonnes courtes de matière sèche/acre (22,3 tonnes courtes/acre à 70 % de teneur en eau)
Prélèvement d'azote	110 kg/ha	98 lb/acre	285 kg/ha	254 lb/acre
Prélèvement de phosphate	56 kg/ha	50 lb/acre	127 kg/ha	113 lb/acre
Prélèvement de potasse	39 kg/ha	35 lb/acre	266 kg/ha	237 lb/acre

¹ Suivant un indice de récolte de 0,5, le rendement des cultures de maïs-grain et de maïs à ensilage ci-dessus est équivalent.

Source : AgriSuite, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

Récolte

Moment

La récolte du maïs à ensilage est généralement effectuée de 42 à 47 jours après l'apparition des soies. Évidemment, le meilleur moment pour récolter dépend du nombre d'unités thermiques de croissance accumulées, et il sera préférable de récolter plus tôt ou plus tard selon les températures enregistrées au fil de la culture. Cela dit, la date d'apparition des soies demeure un indicateur utile pour établir quels champs arrivent plus vite à maturité.

Teneur en eau au moment de la récolte

La qualité du maïs à ensilage et le rendement des animaux dépendent fortement de la teneur en eau des plants entiers et du degré de maturité du maïs au moment de la récolte. Non seulement est-il important de limiter au maximum les pertes de matière sèche dues à la fermentation et à la détérioration, il est aussi difficile de compenser la piètre qualité d'un fourrage par un équilibre des rations.

Il est donc essentiel d'ensiler lorsque la teneur en eau des plants entiers est adéquate et que le maïs a atteint le stade de maturité optimal. De nombreuses caractéristiques du maïs sont modifiées par sa maturation. Du stade de la dent à celui du point noir, le rendement et la teneur en amidon augmentent, mais la digestibilité de l'amidon et des fibres et la teneur en fibres diminuent.

La fermentation de l'ensilage est généralement idéale, c'est-à-dire qu'elle produit un fourrage optimal pour le rendement des animaux, lorsque la teneur en eau des plants entiers est de 65 % à 70 %. Cette fourchette convient particulièrement aux silos horizontaux et aux silos-boudins, mais dans le cas des silos verticaux, l'ensilage doit être un peu plus sec pour prévenir le suintement. De plus, les différences d'un champ à l'autre et au sein d'un même champ compliquent la prise de décision. Les recommandations relatives à la teneur en eau du maïs à ensilage figurent dans le tableau 15-6 du chapitre 15, Stockage.

Non seulement un maïs à ensilage récolté lorsque sa teneur en eau est supérieure à 70 % offre-t-il un rendement inférieur, mais il produit aussi des effluents ainsi qu'une fermentation clostridiale indésirable. Les bactéries *Clostridium* sont des bactéries très peu efficaces qui transforment les sucres et les acides organiques des fourrages en acide butyrique, en dioxyde de carbone et en ammoniac. De plus, un ensilage ayant une telle teneur en eau présente un pH élevé, perd beaucoup de matière sèche, produit une grande quantité d'acide butyrique malodorant et constitue un fourrage de mauvaise qualité et peu sapide qui se traduit éventuellement par une faible prise alimentaire.

Inversement, si la teneur en eau du maïs à ensilage récolté est insuffisante, celui-ci se tasse mal, laisse pénétrer l'air, fermente mal et chauffe. S'ensuivent de fortes pertes de matière sèche, une détérioration importante et une réduction de la durée de conservation.

On peut utiliser des appareils de transformation des grains pour accroître la digestibilité de l'amidon. La digestibilité de l'amidon du maïs à ensilage à faible teneur en eau qui est récolté sans appareil de transformation des grains est plus faible. Les grains trop secs deviennent durs et peuvent transiter par l'appareil digestif des animaux sans être digérés. La digestibilité des fibres diminue de plus de 10 % lorsque la teneur en eau passe de 70 % à 58 %.

Les nutritionnistes observent une baisse soudaine de la production de lait quand, à l'automne, les vaches commencent à consommer de l'ensilage nouvellement fermenté. Leur production de lait n'est alors plus au diapason de la ration qu'elles reçoivent. Cette situation, attribuable à la moins grande digestibilité de l'amidon des grains secs et durcis de l'ensilage de maïs non traité et nouvellement fermenté, peut constituer un irritant pour les productrices et producteurs laitiers, alors qu'ils tentent de remplir leur contingent d'automne. Toutefois, le problème s'atténue habituellement après trois mois, une fois que, s'étant réhydratés à même l'eau contenue dans l'ensilage, les grains ont ramolli et se défont plus facilement.

Mesure de la teneur en eau

La méthode la plus précise pour déterminer le moment de la récolte consiste à mesurer la teneur en eau.

Pour ce faire, on prélève d'abord au moins 10 plants, en évitant les tournières et en restant à l'affût des variations dans la teneur en eau au sein du champ. On hache ensuite un échantillon au moyen d'une récolteuse ou d'une déchiqueteuse mobile. On peut utiliser un testeur Koster ou un four à micro-ondes ou faire appel à un laboratoire pour déterminer le pourcentage de matière sèche. La méthode est décrite au chapitre 14, Récolte.

On recommande actuellement de déterminer la teneur en eau des plants entiers peu de temps après l'apparition de la dent (ligne d'amidon à environ à 20 % de la hauteur du grain). Il suffit pour cela de recueillir un échantillon, de le hacher, de le faire sécher et de suivre la procédure de mesure décrite plus haut. Normalement, le maïs à ensilage perd environ 0,5 % de teneur en eau par jour à ce stade. Ainsi, si l'échantillon a une teneur en eau de 70 % et que la valeur cible est de 65 %, il faut récolter le maïs une dizaine de jours après l'échantillonnage. La teneur en eau diminue plus rapidement lorsque l'année est sèche, et plus lentement lorsque l'année est humide. Enfin, on mesure la teneur en eau une nouvelle fois juste avant la date prévue de la récolte.

Ligne d'amidon des grains

La ligne d'amidon des grains est souvent utilisée comme repère pour déterminer le moment de la récolte du maïs à ensilage. On doit pour ce faire casser un épi en deux et en observer les grains. Après l'apparition de la dent (ligne d'amidon à 0 % de la hauteur du grain), une ligne blanchâtre apparaît sur le grain. Cette ligne indique la démarcation entre les contenus solide et liquide du grain et se déplace de l'extérieur du grain vers la rafle au fil de la maturation et du séchage. Lorsque la ligne d'amidon atteint la rafle (ligne d'amidon à 100 % de la hauteur du grain), un point noir apparaît (figure 4-4). Traditionnellement, la récolte se fait quand la ligne de maturité se situe entre la moitié et les deux tiers de la hauteur du grain.

□ Contenu mou et laiteux ■ Contenu solide et sec

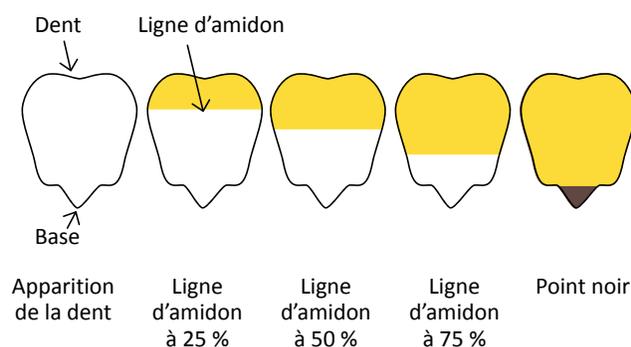


Figure 4-4 Évolution de la ligne d'amidon des grains.

La correspondance entre le pourcentage indiqué par la hauteur de la ligne d'amidon et la teneur en eau de la plante entière est extrêmement variable. Des données recueillies sur de nombreuses années par l'Université du Wisconsin montrent que lorsque la ligne de maturité se trouve à la moitié de la hauteur du grain, la teneur en eau de la plante entière se situe dans une fourchette de 52 % à 72 %, la moyenne étant de 63 %. Par conséquent, la teneur en eau est trop élevée dans certains cas et beaucoup trop faible dans d'autres. Cette variation tient principalement aux conditions météorologiques et aux différences entre les hybrides.

Une croissance anormale des plants de maïs attribuable à une sécheresse prolongée peut rendre le pourcentage d'humidité estimé en fonction de la hauteur de la ligne de maturité moins précis. Les plants de maïs durement touchés par le stress thermique et dépourvus d'épis n'ont pas de ligne de maturité pouvant être utilisée comme repère estimatif; toutefois, la teneur en eau de ces plants est souvent plus élevée qu'il ne semble. De même, il est parfois difficile d'estimer avec précision la teneur en eau des plants entiers à partir de la ligne d'amidon lorsque le gel a endommagé la culture.

Les différences entre les hybrides ont aussi une incidence sur la précision des estimations de la teneur en eau à partir de la ligne d'amidon des grains. La tenue en vert du maïs diffère d'un hybride à l'autre, et lorsque celle-ci est élevée, les grains sèchent plus rapidement que les cannes. Cette caractéristique est recherchée dans les hybrides de maïs-grain parce que les tiges restent vertes et saines à mesure que les grains sèchent et qu'elles sont moins vulnérables aux bris et à la verse en fin de saison.

Les hybrides mis au point strictement pour l'ensilage ont une moins bonne tenue en vert, et la teneur en eau de leurs grains est supérieure à celle de la plante entière. Autrement dit, les hybrides qui ont une bonne tenue en vert présentent des lignes d'amidon plus avancées par rapport à la teneur en eau des plants entiers. Les hybrides destinés

uniquement à l'ensilage qui possèdent une moins bonne tenue en vert sont habituellement prêts à être récoltés quand la ligne d'amidon est moins avancée.

Comme la teneur en eau des plants entiers, et non la ligne d'amidon, est un facteur déterminant pour la qualité de l'ensilage, il est suggéré d'utiliser la ligne d'amidon comme indicateur du moment où l'on doit commencer à mesurer la teneur en eau plutôt que comme repère pour déterminer

le moment de la récolte (tableau 4-5). Selon Joe Lauer, de l'Université du Wisconsin, certains points de l'évolution de la ligne d'amidon, bien qu'ils correspondent habituellement à des teneurs en eau des plants entiers trop élevées pour l'ensilage, peuvent être utilisés comme indicateurs du moment où l'on doit commencer à surveiller la teneur en eau des plants entiers pour optimiser le stockage^[2].

Tableau 4-5. La ligne d'amidon comme indicateur du moment où commencer à surveiller la teneur en eau des plants de maïs entiers aux fins de récolte et d'ensilage

Type de silo	Teneur en eau recommandée	Indicateur (degré d'avancement de la ligne d'amidon)
Silo horizontal	65 % – 75 %	20 %
Silo-boudin	60 % – 70 %	20 %
Silo vertical traditionnel	60 % – 65 %	35 %
Silo vertical hermétique	50 % – 60 %	60 %

Remarques :

La teneur en eau des plants entiers du maïs à ensilage diminue en moyenne de 0,5 % par jour.

La ligne d'amidon indique la démarcation entre le contenu solide et sec et le contenu mou et laiteux du grain de maïs en développement. Elle apparaît pendant la formation de la dent et avance graduellement vers le bout du grain, où celui-ci rejoint la rafle. Il faut environ 12 jours pour que la ligne d'amidon initiale atteigne 50 % de la hauteur du grain, et environ 13 jours à partir de ce moment pour que le grain atteigne le stade du point noir.

Indicateur : degré d'avancement de la ligne d'amidon indiquant le moment où commencer à mesurer la teneur en eau des plants entiers.

Conditionnement du grain

Évaluation en laboratoire

Cote de conditionnement du grain

On détermine habituellement si le grain a besoin de conditionnement au moyen d'un appareil à secouer les tamis de type RO-TAP. Un échantillon d'ensilage séché est passé au crible en utilisant plusieurs tamis aux mailles de plus en plus fines. Le pourcentage de grains qui passent à travers les mailles de 4,75 mm détermine la cote de conditionnement du grain à ensilage.

- 70 % ou plus : conditionnement optimal
- 50 % à 69 % : conditionnement adéquat
- Moins de 50 % : conditionnement inadéquat

La cote de conditionnement du grain est utilisée par les nutritionnistes pour équilibrer les rations. Toutefois, compte tenu du moment où on la détermine, elle ne peut servir à améliorer le conditionnement du grain pendant la récolte.

Évaluation sur place

Gobelet d'évaluation du conditionnement du maïs à ensilage Pioneer

La méthode du gobelet d'évaluation du conditionnement du maïs à ensilage Pioneer a été développée par DuPont Pioneer, l'US Dairy Forage Research Center et Dairyland Laboratories pour déterminer si le conditionnement du grain est adéquat au moment de la récolte du maïs à ensilage. Elle consiste à remplir un gobelet d'un

litre (32 oz) avec l'ensilage à évaluer, puis à étendre ce dernier et à compter le nombre de grains entiers et de demi-grains.

- 2 ou moins : conditionnement idéal
- 2 à 4 : conditionnement adéquat
- Plus de 4 : l'équipement doit être ajusté de façon à accroître le fractionnement des grains

On doit prélever des échantillons d'au moins trois chargements par heure pour veiller à un conditionnement suffisant et uniforme pendant la récolte^[3].

Application SilageSnap

L'application SilageSnap, développée par l'Université du Wisconsin-Madison, les University of Wisconsin Extension Services et la Midwest Forage Association, permet d'estimer visuellement la cote de conditionnement du grain pendant la récolte du maïs. Elle peut être téléchargée sur un téléphone intelligent Android ou iOS (Apple) et nécessite que la caméra de l'appareil soit étalonnée au moyen d'une pièce de monnaie. Cet étalonnage permet au téléphone de mesurer avec précision les morceaux de grain et de déterminer combien de ceux-ci passeraient à travers des mailles de 4,75 mm.

Préparation de l'échantillon

1. Recueillir un échantillon de fourrage représentatif, le mélanger et en retirer une ou deux poignées à évaluer.
2. Remplir un bac à vaisselle ou tout autre contenant de taille similaire aux trois quarts avec de l'eau.
3. Y ajouter la ou les poignées de fourrage.
4. Brasser doucement ce mélange pendant une minute pour séparer les cannes des grains. Les cannes flottent, alors que les grains coulent.
5. Retirer ensuite les cannes avec la main ou au moyen d'une passoire.
6. Vider doucement le bac de son eau en prenant soin de ne pas en retirer les grains. Retirer toute canne restante.

Prise de la photo

1. Utiliser un arrière-plan noir et mat, par exemple une feuille de papier de construction noire.
2. Étendre les grains de façon à ce qu'ils ne se touchent pas. Plusieurs feuilles peuvent être nécessaires pour étendre tous les fragments. On peut recourir à un pinceau pour faciliter cette tâche.
3. Tenir l'appareil de façon à ce qu'il soit parallèle à l'arrière-plan et à la hauteur déterminée par l'étalonnage.
4. Veiller à ce que les grains situés sur les bords de l'image soient entièrement capturés, et éviter la lumière vive et les reflets^[4].

Des explications détaillées et des exemples peuvent être consultés (en anglais) à l'adresse wimachineryextension.bse.wisc.edu/precision-agriculture/silagesnap/.

Autres facteurs influant sur la production

Ennemis des cultures résistants au Bt

Les hybrides de maïs qui synthétisent des protéines Bt sont largement utilisés pour gérer les insectes nuisibles. En raison d'un recours abusif à ce mode de protection des cultures, certaines populations d'insectes ont toutefois développé une résistance à une ou à plusieurs protéines Bt auparavant mortelles pour elles. La résistance se développe plus rapidement lorsque le maïs est cultivé en continu et que des hybrides Bt sont employés de manière répétée. Ce type de culture étant plus souvent destiné à l'ensilage qu'à la production de grain, la résistance au Bt est un problème important dans la production de maïs à ensilage. Les dommages causés au maïs Bt par les insectes ciblés doivent être signalés au fournisseur de semences et à l'entomologiste des grandes cultures du MAAARO.

Pour de plus amples renseignements sur ces ennemis des cultures, notamment leur cycle biologique et les méthodes de gestion possibles, consulter la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*.

Pyrale du maïs résistante au Bt

Les infestations majeures de larves de la pyrale du maïs augmentent la probabilité de verse et d'affaissement des épis, ce qui nuit directement à la qualité et à la quantité du maïs à ensilage récolté. Cet insecte peut provoquer une pourriture aussi bien de la tige que de l'épi. Il est aussi associé à des infections au *fusarium* et, par conséquent, à la présence de mycotoxines dans l'ensilage.

Les papillons de la pyrale du maïs sont plus attirés par le maïs au stade végétatif que par celui à un stade de croissance plus avancé. Comme les productrices et producteurs ont tendance à cultiver des hybrides nécessitant de 100 à 200 UTC de plus que le maïs-grain de pleine saison dans une zone donnée, la maturation des champs cultivés pour l'ensilage accuse souvent du retard par rapport aux autres champs dans la même zone. Les cultures établies après une coupe initiale de foin sont susceptibles d'attirer un grand nombre de papillons de la pyrale du maïs en quête d'un endroit pour pondre.

En 2018, il a été confirmé que la pyrale du maïs résistait désormais à la protéine Cry1F produite par le maïs Bt en Nouvelle-Écosse. Les productrices et producteurs du Canada doivent donc être à l'affût des dommages causés par la pyrale du maïs à tout hybride de maïs Bt, spécialement dans les régions où la saison de croissance est courte et le choix d'hybrides Bt est limité. Les hybrides Bt qui ne synthétisent qu'une seule protéine pour se protéger de la pyrale du maïs (à savoir, la protéine Cry1F ou la protéine Cry1Ab) doivent être évités afin d'atténuer le risque de résistance. On recommande plutôt d'utiliser des hybrides pyramidaux produisant plus d'une protéine Bt toxique pour la pyrale du maïs.

Ver gris occidental du haricot résistant au Bt

Les jeunes larves se nourrissent des panicules et des soies du maïs jusqu'à ce qu'elles soient assez grosses pour creuser un tunnel dans l'épi et dévorer les grains. Des dommages secondaires sont à prévoir en raison de la pourriture des épis, de l'accumulation de mycotoxines telles que le déoxynivaléol (DON ou vomitoxine) et la fumonisine, et des autres ravageurs qui profitent de la situation pour s'attaquer aux épis endommagés.

Le ver gris occidental du haricot a développé une résistance à la protéine Bt Cry1F partout en Amérique du Nord. Il ne reste donc qu'une seule protéine Bt capable de protéger les cultures contre ce ver, soit la Vip3A. Par conséquent, les productrices et producteurs ne doivent pas compter uniquement sur les hybrides Bt qui synthétisent la Vip3A pour gérer le ver gris occidental du haricot. Tous les outils encore efficaces, y compris les insecticides foliaires et les hybrides Vip3A, doivent être employés à tour de rôle pour réduire le risque de résistance. On doit également rechercher les signes de résistance à tout outil de gestion et en signaler la présence à l'entomologiste des grandes cultures du MAAARO.

Chrysomèle des racines du maïs résistante au Bt

La chrysomèle des racines du maïs est un ennemi majeur des cultures de maïs. L'alimentation de la larve de la chrysomèle des racines a des conséquences plus sérieuses sur le rendement et la qualité du maïs à ensilage que du maïs-grain. Le rendement peut être fortement réduit avant même que les ravages de la chrysomèle ne soient visibles (verse, tiges en col de cygne). Les populations de chrysomèle des racines du maïs sont plus nombreuses dans les champs où le maïs est cultivé en continu.

Lorsque des hybrides Bt résistant à la chrysomèle des racines sont cultivés pendant plus de trois années consécutives dans un champ, on doit s'attendre à une résistance parmi les populations de chrysomèle des racines du maïs locales. On ne peut plus uniquement compter sur les hybrides Bt résistants à la chrysomèle des racines pour prévenir les dommages causés par cet insecte. La meilleure pratique pour réduire la population de chrysomèle des racines résistante au Bt dans un champ consiste à cultiver autre chose que du maïs pendant au moins un an. Lorsqu'ils mettent fin à une culture continue pour la première fois, les productrices et producteurs sont encouragés à remplacer le maïs par une autre culture pendant au moins un an, et idéalement pendant deux ou trois ans.

La rotation des cultures est la seule façon de réduire les populations de chrysomèle des racines du maïs. Les larves de chrysomèle des racines présentes dans le sol de la fin du printemps au début de l'été ne peuvent survivre sans racines de maïs. Donc, en semant autre chose que du maïs, on les prive de leur source de nourriture. Une fois la culture changée dans un champ où l'on ne produisait que du maïs, la mise en place d'une bonne rotation qui exclut les cultures successives de maïs contribue à faire diminuer les populations de chrysomèle des racines du maïs. N'étant pas des hôtes de la chrysomèle des racines du maïs, les végétaux dicotylédones, y compris les légumineuses comme la luzerne, constituent un excellent choix pour la rotation des cultures. Il en va de même pour le sorgho, que la chrysomèle évite en raison des toxines excrétées par ses racines. Ce dernier constitue par ailleurs une meilleure solution que les légumineuses pour remplacer le maïs à ensilage dans la rotation. De nombreuses espèces de graminées peuvent servir d'hôte intermédiaire, quoique non idéal à la chrysomèle des racines du maïs. Pour savoir si les espèces de graminées ou de céréales que l'on envisage d'intégrer à une rotation des cultures favorisent ou non la survie de la chrysomèle des racines, consulter l'entomologiste des grandes cultures du MAAARO ou une ou un spécialiste en culture fourragère.

Lorsqu'il est trop difficile de cesser la culture de maïs à ensilage dans un champ, des hybrides Bt résistants à la chrysomèle des racines du maïs peuvent être semés, si l'on y adjoint d'autres mesures de protection contre la pression exercée par cet insecte.

- **Année 1 :** Maïs autre qu'un hybride Bt résistant à la chrysomèle des racines. Rechercher les dommages aux racines et la présence de chrysomèles adultes.
- **Année 2 :** Maïs autre qu'un hybride Bt résistant à la chrysomèle des racines. Si, l'année précédente, les seuils en matière de dommages ou de population (plus d'une chrysomèle adulte par plant en août) ont été atteints, utiliser un insecticide pour protéger la culture.
- **Année 3 :** Hybride de maïs Bt résistant à la chrysomèle des racines. Éviter les insecticides contre la chrysomèle des racines du maïs.
- **Année 4 :** Changer la culture de maïs pour un végétal qui n'est pas un hôte, par exemple une espèce dicotylédone (comme la luzerne), du sorgho, de l'herbe du Soudan ou des hybrides connexes. D'autres espèces de graminées, comme le ray-grass d'Italie, peuvent servir d'hôte intermédiaire et assurer la survie de populations de chrysomèle des racines du maïs lorsqu'aucun maïs n'est cultivé (année 4). Pour éviter cette situation, il peut être utile de cultiver des graminées ou des céréales de printemps trois années d'affilée (années 4 à 6) avant de revenir à une culture de maïs.

Références

1. LAUER, J. *Switch Dates for Corn Silage*, Madison, Wisconsin, États Unis, département d'agronomie de l'Université du Wisconsin, 23 mai 2013. [<http://corn.agronomy.wisc.edu/AA/A113.aspx>]
2. LAUER, J. *Kernel Milkline: How Should We Use It for Harvesting Silage?*, Madison, Wisconsin, États-Unis, département d'agronomie de l'Université du Wisconsin, 1999. [<http://corn.agronomy.wisc.edu/WCM/W041.aspx>]
3. MAHANNA, B (éd.). *Silage Zone Manual*, Johnston, Iowa, États-Unis, DuPont Pioneer, 2014.
4. University of Wisconsin-Madison Shared Apps (18 septembre 2018). *SilageSnap* [application pour téléphone intelligent], version 1.0.180907. Pour appareils Android ou iOS (Apple). Renseignements supplémentaires : wimachineryextension.bse.wisc.edu/precision-agriculture/silagesnap/

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Inoculants Buchneri : prolongation de la durée du maïs en silo, 29 juillet 2003. [http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_buchneri.htm]

Récolte du maïs à ensilage à la bonne teneur en eau [fiche technique 13-052], 2013.

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Semer du maïs après les récoltes hâtives de fourrage, 25 juin 2004. [http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/field/forages/corn_earlyhay.htm]

CHAPITRE 5

Vivaces de saison fraîche

Les vivaces de saison fraîche sont le groupe de cultures fourragères le plus utilisé en Ontario. Les vivaces coûtent habituellement moins cher à produire que les annuelles, puisque les coûts d'établissement peuvent être amortis sur plusieurs années. Les cultures de saison fraîche poussent généralement mieux par temps doux, chaque

espèce ayant toutefois une tolérance différente quant au drainage du sol (figure 5-1), au pH du sol (figure 5-2) et à la gestion de la récolte (tableau 5-1), et quant aux mauvaises conditions météorologiques (chapitre 10, *Stress d'origine météorologique*).

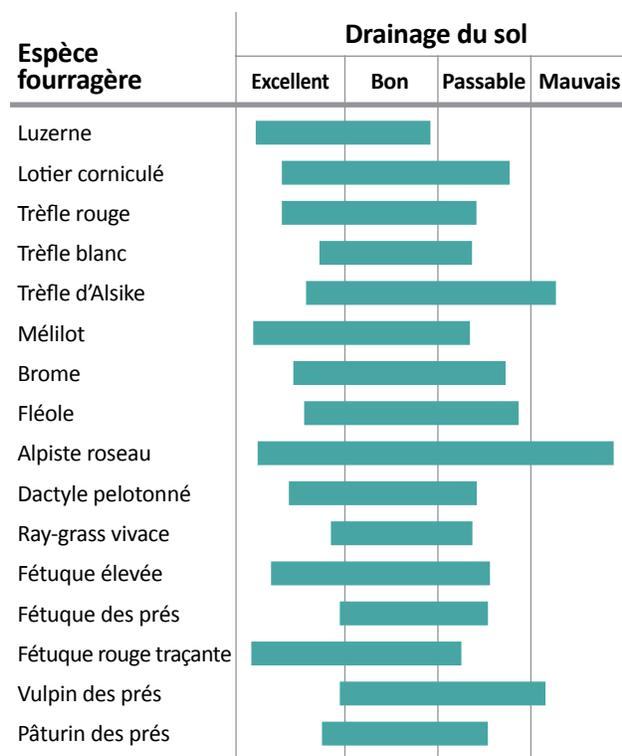


Figure 5-1. Drainage du sol requis par les espèces fourragères vivaces de saison fraîche.

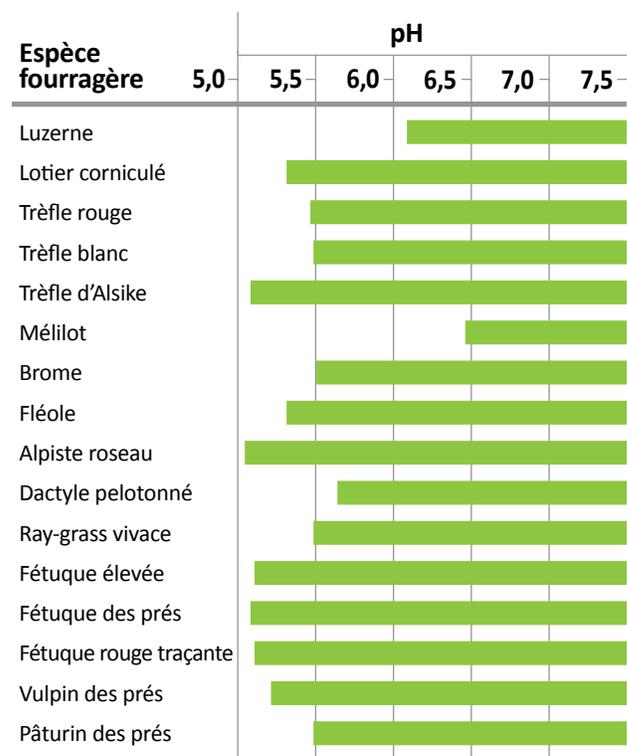


Figure 5-2. Fourchette de pH requise par les espèces fourragères vivaces de saison fraîche.

Tableau 5-1. Compatibilité d'espèces fourragères vivaces de saison fraîche et de types de gestion de la récolte

Légende : T = Très compatible C = Compatible N = Non compatible

	Broutage à ras répété	Pâturage tournant	Foin	Balles	Ensilage
Luzerne	N	C	T	T	T
Trèfle d'Alsike	N	C	C	C	C
Lotier corniculé	N	T	T	C	C
Coronille bigarrée	C	T	C	N	N
Trèfle du Caucase	T	T	N	C	C
Trèfle rouge	N	C	C	T	T
Mélicot	N	C	C	N	N
Trèfle blanc	T	T	C	C	C
Pâturins	T	T	N	N	N
Brome inerme	N	C	T	T	T
Fétuque rouge traçante	T	T	N	N	N
Fétuque élevée	N	C	T	T	T
Fétuque des prés	N	C	T	T	T
Vulpin des prés	N	C	N	N	N
Dactyle pelotonné	C	T	T	T	T
Ray-grass vivace	T	T	N	T	T
Alpiste roseau	N	T	T	T	T
Fléole	N	C	T	T	T

Il faut déterminer à partir de quand la zone à ensemercer est généralement accessible et prête pour les travaux.

- Le dactyle pelotonné, le vulpin des prés et le brome des prés sont idéaux pour les champs qui s'assèchent rapidement et qui sont accessibles en début de saison. Ces graminées précoces permettent de devancer la saison normale de pâturage, mais les deux premières perdent leur sapidité et leur qualité fourragère en mûrissant. Les animaux doivent avoir accès au pâturage dès que ces espèces sont prêtes.
- Les mélanges à base d'alpiste roseau conviennent aussi très bien aux terrains accessibles au début de la saison. Toutefois, la sapidité et la qualité de l'alpiste roseau diminuent rapidement à mesure qu'il arrive à maturité. Il faut donc prévoir un broutage ou une récolte précoce.

- Un mélange à base de lotier avec une graminée, comme la fétuque élevée, le brome ou la fléole, est idéal pour les champs qui s'assèchent lentement.

Légumineuses

Trèfle d'Alsike

Trifolium hybridum

Les feuilles du trèfle d'Alsike sont composées de trois folioles sessiles aux bords finement dentés portées sur des tiges lisses et minces. Les tiges peuvent être verticales et mesurer jusqu'à 50 cm (20 po) ou procombantes, et portent des fleurs blanches et roses caractéristiques. Sa racine pivotante ramifiée est peu profonde. Il peut atteindre de 38 à 75 cm (15 à 30 po) de hauteur, et sa petite fleur rose mesure 1 cm (3/8 po) de diamètre et se forme à l'extrémité des branches

secondaires qui poussent à partir de la tige principale. Il faut le distinguer du trèfle rouge, lequel produit une fleur plus grande, a des tiges et des feuilles velues et un « V » blanc inversé sur la feuille, semblable à celui que l'on retrouve sur le trèfle blanc (figure 5-3).



Figure 5-3. Le trèfle d'Alsike a des tiges lisses, des feuilles dentées et des fleurs roses ou blanches.

Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

Le trèfle d'Alsike est une plante vivace (qui est souvent traitée comme une plante bisannuelle). Il ne donne qu'une coupe de foin par année.

MISE EN GARDE

Le trèfle d'Alsike peut causer de la photosensibilité et des dommages au foie chez les chevaux, ainsi que des ballonnements chez les ruminants. Il est habituellement déconseillé pour les mélanges de pâturage. Pour prévenir les risques de toxicité, le trèfle d'Alsike doit constituer moins de 5 % du régime alimentaire des chevaux.



Le trèfle d'Alsike convient à diverses conditions de drainage, y compris aux sols humides et lourds. C'est également l'espèce de légumineuse fourragère vivace ayant la plus grande tolérance aux écarts de pH, pouvant pousser dans un sol dont le pH se situe entre 5,1 et 7,5. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 3 kg/ha (3 lb/acre); dans les mélanges, à raison de 0,8 kg/ha (0,75 lb/acre).

Le semis doit se faire à une profondeur de 3 à 6 mm. On recommande de semer au printemps, mais les semis d'été peuvent donner de bons résultats si la teneur en eau du sol permet la germination^[1].

Le trèfle d'Alsike pousse surtout en juin. Le rendement varie d'une année à l'autre. Toutefois, l'ajout de trèfle d'Alsike à un mélange entraîne habituellement une diminution du rendement.

Lotier corniculé

Lotus corniculatus

Les feuilles du lotier corniculé sont composées de cinq petites folioles sur des tiges fines de 60 à 90 cm (24 à 36 po) de longueur. Les feuilles caractéristiques comptent deux folioles près de la tige, séparées de trois autres feuilles par un pétiole bien défini. Le lotier fleurit de juin à septembre, produisant des grappes de fleurs de couleur jaune vif à jaune orangé (figure 5-4). Son système racinaire se compose d'une racine pivotante profonde et de nombreuses racines latérales près de la surface du sol. Les gousses sont disposées en forme de patte d'oiseau.



Figure 5-4. Les feuilles composées du lotier corniculé comptent cinq folioles et des grappes de fleurs de couleur jaune vif.

Le lotier s'adapte bien aux terrains en pente ou rocailleux qui ne peuvent être travaillés ainsi qu'aux sols mal drainés qui ne conviennent pas à d'autres légumineuses. Le lotier corniculé est une légumineuse qui ne cause pas de ballonnements, idéale pour les pâturages permanents. Son rendement est inférieur à celui de la luzerne et prend plus de temps à sécher, ce qui limite son utilité pour la production de foin. Bien que les plants individuels ne vivent que quelques années, les peuplements peuvent demeurer productifs pendant 10 ans ou plus si on les laisse monter en graine. La tolérance du lotier aux écarts de pH est plus grande que celle de la plupart des légumineuses fourragères vivaces, et il peut pousser dans un sol dont le pH est aussi faible que 5,3.

Lorsqu'il est la composante légumineuse d'un mélange fourrager, il faut semer le lotier à raison de 2 à 9 kg/ha (2 à 8 lb/acre), à une profondeur de 5 à 12,5 mm (¼ à ½ po). Le lotier corniculé s'établit difficilement en présence d'une culture-abri et ne convient pas à un semis d'été. Les plantules de lotier exercent une faible concurrence, ce qui les rend lentes à s'établir. Le peuplement peut être clairsemé la première année, mais il s'épaissit au fil du temps. La croissance printanière est lente, mais les rendements à la mi-été sont bons si le lotier n'a pas été surexploité en début de saison. Il maintient une bonne qualité fourragère, ce qui le rend adapté aux pâturages de réserve d'automne. Le lotier donne d'assez bons résultats lorsqu'il est semé sur un sol gelé.

La semence de lotier renferme un pourcentage élevé de graines dures (qui sont lentes à germer). La germination des graines s'étend donc sur une longue période et permet à bien des plants d'échapper aux dernières gelées meurtrières du printemps. Le lotier ne peut s'établir dans des peuplements qui contiennent déjà du pâturin des prés. Il semble que le pâturin produise une substance chimique qui est toxique pour les plantules de lotier.

La période de repos d'automne du lotier commence environ 10 jours avant celle de la luzerne, quel que soit le lieu.

Des travaux de recherche effectués par Agriculture et Agroalimentaire Canada ont montré que le gain moyen quotidien des bovins est supérieur dans des pâturages dont la composante légumineuse est le lotier que dans des pâturages constitués de mélanges à base de luzerne. Ce résultat est peut-être attribuable au ratio sucre-protéine brute élevé du lotier, ratio qui pourrait améliorer l'efficacité digestive des bactéries du rumen. Il se pourrait aussi que les gains plus élevés découlent de la forte concentration de tanins du lotier, laquelle fait augmenter la teneur en protéines soustraites à la dégradation ruminale du fourrage^[2].

Nombreux sont les chevaux qui n'aiment pas le goût du lotier corniculé et qui éviteront d'en manger. Le lotier n'est pas toxique pour les chevaux, mais comme peu d'entre eux le mangeront, il n'est habituellement pas recommandé comme foin ou pâturage pour chevaux.

Trèfle du Caucase

Trifolium ambiguum

Les tiges du trèfle du Caucase peuvent atteindre 45 cm (18 po) de longueur. Les feuilles sont lisses et souvent maculées (figure 5-5). Les caractéristiques de croissance du trèfle du Caucase ressemblent à celle du trèfle blanc, à l'exception que le trèfle du Caucase se propage sous le sol par ses rhizomes, alors que le trèfle blanc se propage en surface par des stolons.



Figure 5-5. Le trèfle du Caucase ressemble au trèfle blanc, mais est habituellement plus gros.

La bonne tolérance au broutage du trèfle du Caucase le rend idéal pour les pâturages. Il est difficile à sécher et, par conséquent, n'est pas indiqué pour la production de foin. Cette espèce est très résistante à l'hiver et relativement bien adaptée aux sols acides (pH entre 5,1 et 7,3) et secs.

Le trèfle du Caucase peut être lent à s'établir; il importe donc de lutter contre les mauvaises herbes durant l'année d'établissement. Il s'établit difficilement en présence d'une culture-abri. Il faut semer à raison de 8 à 12 kg/ha (7 à 11 lb/acre). Le semis doit être fait de 3 à 5 mm ($\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$ po) de profondeur. Pour favoriser l'établissement du trèfle du Caucase, comme des autres légumineuses fourragères, il est essentiel de bien préparer le lit de semence, de semer à une profondeur adéquate et de tasser la terre. Il semble peu probable que cette espèce puisse être semée sur un sol gelé, bien que cela n'ait pas été encore essayé. Les bactéries du genre *Rhizobium* nécessaires au trèfle du Caucase ne sont pas naturellement présentes dans les sols de l'Ontario. Une inoculation est donc essentielle à l'établissement des peuplements.

Lors d'essais menés en Ontario, le rendement du trèfle blanc a surpassé celui du trèfle du Caucase durant l'année d'établissement, mais l'inverse s'est produit au cours des années de production. Les rhizomes du trèfle du Caucase permettent à ses peuplements de se densifier avec le temps et de remplir les trous laissés dans les mélanges par la destruction hivernale.

Comme les autres trèfles, le trèfle du Caucase peut causer des ballonnements.

Trèfle rouge

Trifolium pratense

Le trèfle rouge est une plante haute mesurant de 15 à 60 cm (6 à 24 po), dont les feuilles sont composées de trois folioles sessiles. Les fleurs sont grosses, et leur couleur va de rose pourpre

à magenta. Les tiges et les feuilles sont velues (figure 5-6). Le trèfle rouge a une racine pivotante faible et de nombreuses racines latérales fasciculées. Comme celles du trèfle blanc, les feuilles du trèfle rouge ont une macule en forme de « V ».



Figure 5-6. Le trèfle rouge a des tiges et des feuilles velues, une macule en forme de « V » et des fleurs allant de rouges à pourpres.

Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

Le trèfle rouge est une vivace de courte durée. Ses rendements sont bons l'année qui suit son établissement, mais souvent médiocres l'année suivante, en particulier dans le Sud de l'Ontario. Il peut être semé dans les champs trop humides ou trop acides pour la luzerne. Il est difficile à sécher, et produit donc souvent un foin poussiéreux ou moisi. Son utilité pour la production de foin est donc limitée; on peut par contre le mettre en réserve sous forme d'ensilage.

En Ontario, on en cultive surtout deux types : le trèfle rouge à deux coupes et le trèfle rouge à une coupe. Le premier fleurit pendant l'année du semis et donne une repousse vigoureuse après la coupe. Le second possède de grosses tiges, pousse plus lentement et arrive à maturité environ deux semaines après le trèfle rouge à deux coupes. Il ne fleurit pas pendant l'année du semis ni après la première coupe les années suivantes.

Le trèfle rouge tolère bien les sols au drainage imparfait et à faible pH (5,5). Productif la première année, il s'éclaircit après l'hiver, ce qui nuit à son rendement par la suite. On a toujours considéré le trèfle rouge comme une vivace de courte durée, puisque les variétés plus anciennes et les plants issus des semences communes ne vivent que deux à trois ans après l'année du semis. Les nouvelles variétés promettent de durer plus longtemps. Le trèfle rouge exerce une forte concurrence et est facile à ajouter à un peuplement par semis sur sol gelé. Dans un mélange, le trèfle rouge peut nuire à l'établissement des autres légumineuses (à cause de la forte concurrence qu'il exerce). Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 12 à 15 kg/ha (11 à 13 lb/acre); dans les mélanges avec des graminées, réduire ce taux.

MISE EN GARDE

Le trèfle rouge peut causer des ballonnements. Il convient d'utiliser avec prudence les pâturages et le foin de regain composés de plus de 50 % de trèfle rouge. Le trèfle rouge peut contenir des composés qui ont un effet œstrogénique sur le cycle reproductif des moutons.



Mélilot

Melilotus officinalis

Le mélilot est une plante haute (jusqu'à 2 m (6,5 pi)), ramifiée et d'apparence grossière qui n'est pas un trèfle véritable. Chaque feuille a trois folioles oblongues aux bords dentés. Les tiges et les feuilles dégagent une odeur sucrée caractéristique lorsqu'elles sont écrasées. Les fleurs blanches ou jaunes forment de nombreuses grappes longues et lâches appelées racèmes (figure 5-7). Le principal avantage du mélilot est sa racine pivotante profonde capable de briser

une couche durcie. Il pousse dans des sols infertiles, pourvu que le pH soit au minimum presque neutre. Le mélilot peut servir pour le broutage ou la production de foin.



Figure 5-7. Le mélilot est une plante haute d'apparence grossière. Les folioles sont arrondies et dentées. Les tiges et les feuilles dégagent une odeur sucrée lorsqu'elles sont écrasées.

Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

Le mélilot devrait être planté au début du printemps, lorsque les champs peuvent supporter l'équipement. Il peut être judicieux de scarifier les graines dures pour permettre la germination. Il ne faut pas utiliser de culture-abri. On doit semer à raison de 9 à 14 kg/ha (8 à 15 lb/acre). Le semis doit être fait à 1,25 cm (½ po) de profondeur. Le mélilot est une légumineuse qui tolère relativement bien la sécheresse grâce à sa profonde racine pivotante^[3].

Cette plante bisannuelle croît lentement et ne fleurit pas pendant l'année de son établissement. Au printemps de la deuxième année, le mélilot croît rapidement et devient une plante haute à tige grossière. Il en existe deux espèces : le mélilot blanc (à fleurs blanches) et le mélilot officinal (à fleurs jaunes). Le mélilot blanc a une tige plus longue et plus grossière que le mélilot officinal, et des racines plus profondes; il convient mieux comme culture couvre-sol que comme fourrage. Le mélilot officinal a une meilleure sapidité pour le bétail et attire davantage les abeilles.

MISE EN GARDE

Un foin de mélilot qui est moisi peut contenir du dicoumarol, un anticoagulant qui peut causer la mort du bétail par hémorragie.



Trèfle blanc

Trifolium repens

Le trèfle blanc est une vivace de courte durée surtout cultivée dans les pâturages. Le trèfle blanc est doté de tiges qui rampent sur le sol et dont les ramifications poussent bien droites ou un peu penchées. Les feuilles sont composées de trois folioles sessiles arrondies et luisantes sur la face inférieure, et les bords des feuilles peuvent avoir quelques dents peu profondes. Les fleurs, groupées en un capitule sphérique, sont habituellement blanches mais peuvent être teintées de rose (figure 5-8). Les racines, peu profondes et fasciculées, se développent à partir des nœuds des tiges rampantes (stolons). Trois types de trèfle blanc sont utilisés en Ontario. Bien qu'ils se ressemblent, ils sont de tailles différentes.

- Le trèfle blanc sauvage est le plus petit, atteignant de 5 à 17,5 cm (de 2 à 7 po) de hauteur.
- Le trèfle blanc intermédiaire (aussi appelé hollandais ou de Nouvelle-Zélande) peut atteindre 40 cm (16 po).
- Le trèfle ladino peut croître jusqu'à 60 cm (24 po).

Le type intermédiaire convient davantage aux pâturages que le trèfle ladino et a tendance à posséder plus de stolons par mètre carré que ce dernier.

Figure 5-8. Le trèfle blanc a des tiges et des feuilles lisses ainsi qu'une macule en forme de « V ».

Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

Le trèfle blanc peut convenir tant à un sol bien drainé qu'à un sol qui présente des problèmes de drainage. Son système racinaire peu profond limite la production dans les sols excessivement drainés et durant les périodes de sécheresse. Les racines du trèfle blanc poussent généralement à la même profondeur que les racines des graminées couramment utilisées, ce qui a pour effet de créer une concurrence intense entre le trèfle blanc et les graminées pour les éléments nutritifs et l'eau du sol. Le trèfle blanc disparaît souvent des pâturages du fait qu'il lui est impossible de faire concurrence aux graminées pour les éléments nutritifs lorsque ceux-ci sont rares. Les graminées qui poussent avec le trèfle blanc reçoivent environ 200 kg/ha (180 lb/acre) d'azote pendant la saison de pâturage. Le trèfle blanc fournit plus d'azote aux graminées que les autres légumineuses puisqu'il perd des nodules de racines après chaque récolte. Le trèfle blanc pousse dans les sols dont le pH est supérieur à 5,5.

Le trèfle blanc est une vivace de courte durée qui se resème si elle n'est pas surexploitée. On peut semer le trèfle blanc sur sol gelé ou en semis direct pour maintenir sa présence dans le peuplement. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 4,5 kg/ha (4 lb/acre); dans les mélanges, à raison de 1 à 2 kg/ha (1 à 2 lb/acre). Le semis doit se faire à une profondeur de 3 à 5 mm ($\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$ po)^[4].

Graminées

Dans un peuplement établi, les plants de graminées ne comportent pas une seule tige, mais plutôt de nombreuses talles. Un seul plant de graminée peut avoir des douzaines de talles naissant à partir de points végétatifs à la base du plant. La présence du point végétatif à la base du plant représente une adaptation évolutive qui protège la graminée du broutage, étant donné que la plupart des animaux ne peuvent brouter aussi près du sol et endommager ce point végétatif.

Durant la croissance végétative, les feuilles poussent vers le haut à partir de la base des talles. Puis, pour toutes les graminées, l'allongement de la tige se produit pour préparer le plant à la floraison et à la grenaison. La tige, ou chaume, est faite de nœuds séparés par des entre-nœuds. Chaque nœud et son entre-nœud correspondent à un segment de la tige. Techniquement, toutes les espèces de graminées sont des espèces remontantes puisqu'elles produisent toutes des tiges florifères à la suite de l'allongement des espaces entre les nœuds. Les qualificatifs de « remontante » ou « non remontante » désignent le type de repousse de la graminée une fois que la tige porte-graines est enlevée.

Lorsque les espèces remontantes repoussent après la floraison, un nouvel allongement de la tige se produit. Dans leur cas, le point végétatif se situe au-dessus du segment le plus récemment formé, ce qui signifie qu'à mesure que l'allongement de la tige progresse, le point végétatif s'élève dans le plant. Les graminées remontantes sont facilement endommagées si le point végétatif est coupé ou brouté au mauvais moment. La défoliation sera moins dommageable pour les espèces remontantes si elle survient soit durant le tallage quand le point végétatif est bas, soit entre le gonflement et le début de l'épiaison. Si les graminées sont récoltées pendant l'allongement de la tige, la nouvelle pousse doit naître à partir du collet du plant et utiliser les réserves d'énergie des racines, comme cela se produit lorsque le plant sort de l'état de dormance au printemps. Cette situation cause un stress

majeur aux plants. Si l'on attend jusqu'au stade du gonflement pour couper, le collet a le temps de former des talles additionnelles qui vont assurer la repousse. Du moment que la coupe se fait au bon moment, les graminées remontantes peuvent être coupées aussi court que 5 à 7,5 cm (2 à 3 po) sans compromettre le potentiel de rendement ou la persistance de la culture. La fléole, le brome inerme, l'alpiste roseau et le ray-grass d'Italie (annuel) sont des graminées remontantes.

Lorsque des espèces non remontantes sont coupées après la floraison, la repousse demeure au stade végétatif, et très peu de talles vont connaître un nouvel allongement de la tige durant la saison de croissance. Les points végétatifs des graminées non remontantes demeurent près du sol. Ces points sont donc plus difficilement coupés ou broutés, et la repousse des feuilles peut se faire plus rapidement que dans le cas des espèces remontantes. Une coupe moins basse ou une gestion du broutage permettant de laisser une partie adéquate du plant au-dessus de la base des tiges protège les points végétatifs et la productivité des graminées non remontantes. Le dactyle pelotonné, la fétuque élevée, la fétuque des prés, le pâturin des prés et le ray-grass vivace sont des graminées non remontantes. La fétuque des prés, le pâturin des prés et le ray-grass vivace vont tolérer une défoliation jusqu'à 5 cm (2 po), tandis que le dactyle pelotonné est plus productif si on laisse les plants à une hauteur de 7,5 à 10 cm (3 à 4 po) après la fauche.

La gestion se complique lorsqu'on mélange des espèces remontantes et non remontantes. Les graminées non remontantes conviennent mieux aux pâturages, puisque leur point végétatif est mieux protégé et que leur repousse végétative est meilleure au goût pour les animaux qui les broutent. Les espèces remontantes et non remontantes peuvent toutes deux être récoltées en vue d'être mises en réserve. Il se peut qu'il n'y ait pas vraiment de moment où toutes les espèces remontantes dans un mélange arrivent simultanément au stade voulu pour la récolte. Il faut donc que les productrices et producteurs

surveillent étroitement le stade de croissance de chaque espèce pour décider laquelle ils privilégient. Des coupes répétées à un stade de croissance vulnérable finiront par éliminer l'espèce du peuplement.

Pâturins

En Ontario, deux variétés fourragères communes sont cultivées sur environ un million d'hectares (2 471 000 acres) de pâturage permanent, soit le pâturin comprimé et le pâturin des prés. Dans le Sud, le pâturin a un système racinaire peu profond et donne une pousse riche avec une bonne sapidité au printemps; il est toutefois improductif pendant les mois chauds et secs de l'été.

Les plants précoces ont une bonne sapidité, mais leur production est limitée.

On peut accroître le rendement du pâturin de façon importante par une bonne gestion et une fertilisation adéquate, en particulier dans les zones fraîches du Nord de l'Ontario. On cultive ces espèces dans les pâturages comme « herbe de fond » pour prévenir les invasions de mauvaises herbes; elles tolèrent le broutage à ras et le piétinement, et elles comblent les espaces laissés vides par les autres espèces.

Le pâturin supporte bien le passage des animaux et peut être incorporé à un mélange dans les zones où une résistance élevée au piétinement est requise ou comme « herbe de fond » dans les pâturages pour chevaux. Le système racinaire dense du pâturin et le feutrage qu'il produit forment un bon coussin pour les sabots et les pattes des chevaux.

Pâturin comprimé

Poa compressa

Le pâturin comprimé est une graminée vert bleuâtre; ses feuilles au bout est en forme de bateau sont plus courtes que celles d'autres pâturins. Le plant est plus court que le pâturin des prés, mais leurs panicules, ouvertes et fines, se ressemblent (figure 5-9). Le pâturin comprimé forme un gazon ouvert, et on le trouve dans des

sols moins fertiles. Sa gaine est fendue. Son limbe, plat ou en « V », au sommet en forme de bateau, mesure de 2 à 5 mm de largeur et de 2 à 10 cm (1 à 4 po) de longueur. Son collet vert clair est étroit et divisé par la nervure principale. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse est courte (figure 5-10). Les tiges sont plates et mesurent de 50 à 75 cm (20 à 30 po) de longueur. L'inflorescence est constituée d'une panicule fine et mince ayant deux rameaux à chaque nœud de l'axe central. Le pâturin comprimé se caractérise surtout par sa couleur vert bleuâtre clair et par l'aspect terne de ses feuilles, lesquelles s'effilent graduellement du collet au sommet, en forme de bateau. Une fine ligne transparente de part et d'autre de la nervure principale est visible à contre-jour sur le limbe.



Figure 5-9. Inflorescence du pâturin comprimé.

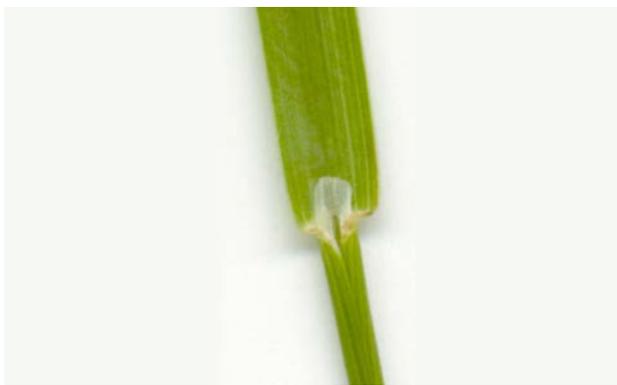


Figure 5-10. Collet du pâturin comprimé. Aucune oreillette, ligule courte.

Le pâturin comprimé est souvent considéré comme une espèce pionnière puisqu'il convient aux sols acides et peu fertiles. Son rendement n'est pas aussi bon que celui du pâturin des prés. Dans les mélanges, il faut semer à raison de 1 à 2 kg/ha (1 à 2 lb/acre). Le semis doit être fait à 5 mm (¼ po) de profondeur^[5].

Pâturin des prés

Poa pratensis

Le pâturin des prés est une graminée vert foncé aux feuilles longues et minces. Il peut atteindre de 30 à 100 cm (de 12 à 40 po). Sa panicule est ouverte et fine. Le pâturin des prés forme un gazon dense, et on le trouve dans des sols fertiles. La gaine est fermée quand le plant est jeune, mais elle se divise par la suite. Son limbe en « V », au sommet en forme de bateau, mesure de 2 à 5 mm de largeur et de 5 à 40 cm (2 à 16 po) de longueur. La face inférieure du limbe est luisante. Son large collet vert jaunâtre est légèrement divisé par la nervure principale. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse est très courte (figure 5-11). L'inflorescence est constituée d'une fine panicule ouverte ayant cinq rameaux à chaque nœud de l'axe central (figure 5-12). Le pâturin des prés se caractérise par sa couleur vert foncé ainsi que par le revers luisant de ses feuilles et leur extrémité en forme de bateau. Deux fines lignes transparentes de part et d'autre de la nervure principale sont visibles à contre-jour sur le limbe. Le pâturin des prés est une espèce non remontante.



Figure 5-11. Collet du pâturin des prés. Aucune oreillette, ligule courte.



Figure 5-12. Inflorescence du pâturin des prés.

Pour un peuplement pur, il faut semer le pâturin des prés à raison de 11 à 17 kg/ha (10 à 15 lb/acre); dans les mélanges, réduire ce taux. Le semis doit se faire à une profondeur de 5 à 12,5 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ po). Le pâturin des prés peut être semé sur un sol gelé (voir le chapitre 1, *Planification et établissement*). Il s'établit difficilement en présence d'une culture-abri.

Bromes

Le brome a une bonne sapidité et, à l'approche de la maturité, il conserve mieux sa valeur nutritive que la plupart des autres graminées.

Brome des prés

Bromus riparius

Le brome des prés est un type de brome rampant plus petit, qui repousse rapidement après avoir été brouté. Il a davantage de feuilles basilaires que le brome inerme. Ses feuilles sont vert clair, légèrement velues, et plus étroites que celles du brome inerme. Plus résistant au gel que le brome inerme, le brome des prés est un meilleur choix pour le pâturage de fin d'automne. L'inflorescence du brome des prés ressemble beaucoup à celle du brome inerme. Par contre, ses graines sont plus grosses, possèdent des barbes plus longues et sont légèrement velues (figure 5-13). Par conséquent, le brome des prés peut être encore plus difficile à semer que le brome inerme.

La gaine velue est fermée presque jusqu'au sommet. Son limbe plat mesure de 2 à 5 mm de largeur et de 10 à 30 cm (4 à 12 po) de longueur et se termine en pointe fine. Il est également velu sur les faces inférieure et supérieure. Son collet étroit est divisé à la nervure principale. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse blanche et courte n'est pas sans rappeler celle du brome inerme (figure 5-14). Les tiges rondes mesurent de 60 à 90 cm (24 à 36 po) de longueur. L'inflorescence, légèrement plus petite que celle du brome inerme, est formée d'une grosse panicule aux rameaux étalés en tous sens et aux barbes courtes. Le brome des prés se distingue surtout du brome inerme par sa gaine et son limbe velus et par ses feuilles basales nombreuses et retombantes.

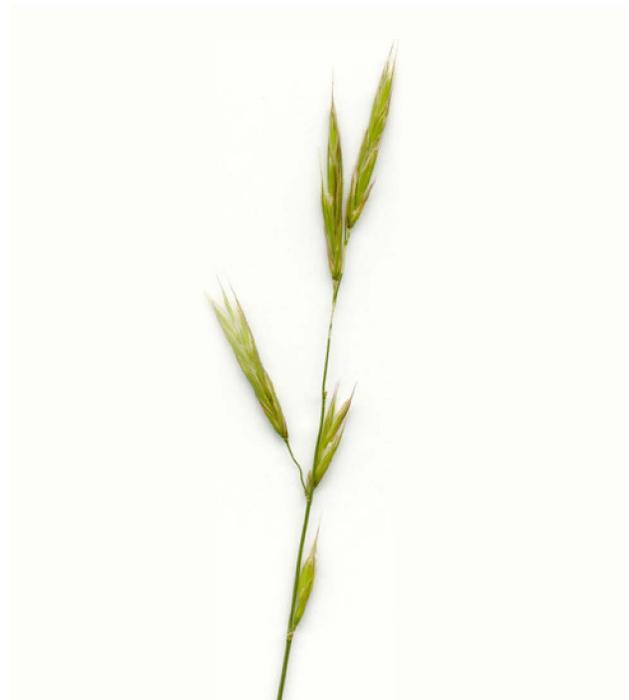


Figure 5-13. Inflorescence du brome des prés.



Figure 5-14. Collet du brome des prés. Aucune oreillette, courte ligule membraneuse.

On peut semer le brome des prés partout où pousse le brome inerme. Il suffit de remplacer le brome inerme par le brome des prés dans les mélanges recommandés et d'ajuster le taux de semis à la hausse pour tenir compte du plus gros calibre de la semence. Il s'établit difficilement en présence d'une culture-abri.

Le brome des prés est une plante de pâturage attrayante pour plusieurs raisons. C'est une graminée ayant une bonne sapidité qui amorce sa croissance plus tôt au printemps que le brome inerme, qui reste productive toute la saison de pâturage, et qui permet de prolonger la saison de pâturage jusque tard en automne. Le brome des prés se remet plus rapidement du broutage grâce à sa repousse qui émerge des bases des talles existantes, caractéristique qu'il partage avec le dactyle pelotonné, tandis que la repousse du brome inerme émerge des collets et des rhizomes. Le brome des prés reste au stade végétatif après le premier broutage et produit une masse de feuillage attrayante pour les animaux mis au pâturage.

Brome inerme

Bromus inermis

Le brome inerme est une graminée haute dont la couleur va du vert clair au vert foncé. Les feuilles, longues, larges et plates, sont pointues à l'extrémité et portent une marque en forme de « W ». Les racines produisent des rhizomes arrondis et brunâtres grâce auxquels le plant s'étend pour former un gazon ouvert. L'inflorescence est constituée d'une grande panicule étalée. Sa gaine est fermée. Son limbe plat mesure de 4 à 12 mm de largeur et de 15 à 40 cm (6 à 16 po) de longueur et se termine en pointe fine. Son collet étroit est divisé par la nervure principale. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse est très courte (figure 5-15). Les tiges rondes mesurent de 60 à 120 cm (24 à 48 po) de longueur. L'inflorescence formée d'une grande panicule a des rameaux étalés en tous sens. Lorsque le sommet s'alourdit, les rameaux penchent d'un même côté (figure 5-16). Il se propage par des rhizomes, et ses peuplements peuvent devenir denses avec le temps. Le brome inerme est une espèce remontante.

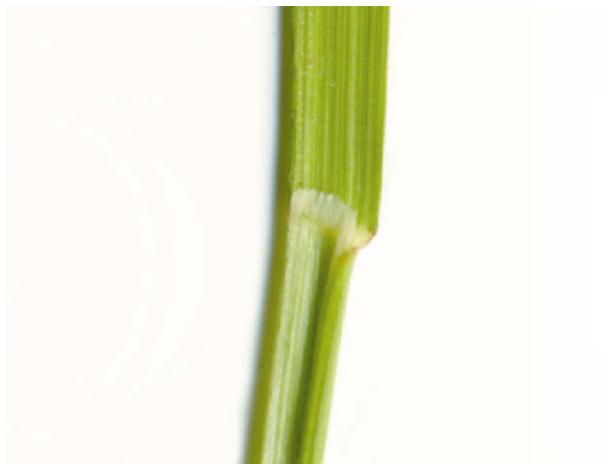


Figure 5-15. Collet du brome inerme. Aucune oreillette, très courte ligule membraneuse.



Figure 5-16. Inflorescence du brome inerme.

Les racines fasciculées profondes du brome inerme en font un bon choix pour les sols bien drainés ou secs. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 10 à 14 kg/ha (9 à 12,5 lb/acre); dans les mélanges, réduire ce taux. Son principal défaut est la taille et la légèreté de ses semences, qui passent mal dans les petits trous de la trémie du semoir. Le brome inerme s'établit difficilement s'il est semé en surface ou à plus de 5 cm de profondeur. L'idéal est

de le planter à moins de 2 cm (¾ po) de profondeur. Une fois établi, le brome inerme exerce une grande concurrence et peut rivaliser avec les légumineuses dans des sols à faible teneur en potasse.

Si le brome inerme est particulièrement productif au printemps et à l'automne, sa productivité a tendance à diminuer en milieu de saison. Le brome inerme est une graminée plus hâtive et plus vigoureuse que la fléole. Sa repousse est plus forte à la deuxième coupe en raison de sa grande tolérance à la sécheresse. Le brome inerme a une bonne sapidité et conserve sa valeur nutritive mieux que la plupart des graminées, ce qui donne aux productrices et producteurs plus de souplesse dans la planification des pâturages. La production de fin juin peut être mise en réserve pour n'être consommée qu'en août. La qualité du brome inerme au stade de maturité tardive convient également aux systèmes de production de foin aux longs intervalles de coupe.

Fétuques

Fétuque rouge traçante

Festuca rubra

La fétuque rouge traçante est une plante courte aux feuilles vert foncé, minces et hérissées. Les racines rhizomateuses forment un gazon dense. L'inflorescence est une panicule ouverte et fine (figure 5-17). Sa gaine velue est partiellement fendue. Son limbe, mesurant de 1,5 à 3 mm de largeur et de 5 à 15 cm (2 à 6 po) de longueur, est épais et enroulé ou plié longitudinalement. Sa face supérieure est profondément côtelée, et sa face inférieure est luisante. Son collet étroit n'est pas divisé. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse est très courte. Ses tiges sont presque rondes (figure 5-18). Ses principales caractéristiques sont ses feuilles vert foncé filiformes et hérissées et la couleur brun rougeâtre des gaines de ses vieilles feuilles basales mortes (d'où son nom commun).



Figure 5-17. Feuilles et inflorescence de la fétuque rouge traçante.



Figure 5-18. Collet de la fétuque rouge traçante. Aucune oreillette, très courte ligule membraneuse.

La fétuque rouge traçante pousse et se propage sur la plupart des sols, y compris les sous-sols fertilisés. Elle pousse durant toute la saison et garde sa valeur nutritive à l'automne. Sa productivité est cependant limitée, car cette graminée est courte, et la plupart des variétés ont été sélectionnées pour le gazon ou la conservation des sols. Elle tolère bien les sols secs et une large fourchette de pH.

Dans un mélange, il faut semer à raison de 4 kg/ha (4 lb/acre); pour un peuplement pur, à raison de 9 kg/ha (8 lb/acre) afin de lutter contre l'érosion. Le semis doit se faire à une profondeur maximale de 5 mm (¼ po)^[6].

La fétuque rouge traçante est optimale pour la protection des berges et des cours d'eau, ses racines retenant le sol et son feutrage ralentissant le mouvement de l'eau et protégeant la surface du sol. Ces caractéristiques en font une bonne « herbe de fond », c'est-à-dire une espèce ajoutée au mélange pour donner au fourrage une certaine texture de gazon. On l'utilisera donc dans les mélanges pour enclos d'exercice, allées et champs mouillés, autrement dit des endroits où les plants peuvent être endommagés par le piétinement des animaux en périodes pluvieuses.

Fétuque des prés

Festuca pratensis

La fétuque des prés a des feuilles vert clair aux limbes longs (jusqu'à 50 cm (20 po)) et étroits et aux extrémités acérées. C'est une graminée cespiteuse à rhizomes courts qui lui confèrent une tendance à ramper légèrement. Les bords de sa gaine fendue se chevauchent à la base. Son limbe mesure de 3 à 8 mm de largeur et de 10 à 50 cm (4 à 20 po) de longueur; sa face supérieure est terne, et sa face inférieure est luisante (figure 5-19). Ses bords sont rugueux, et son sommet est pointu. Son large collet n'est pas divisé. Ses oreillettes, mesurant de 0,5 à 1,5 mm de longueur, sont habituellement arrondies, mais elles ressemblent parfois à de petites griffes. Sa ligule membraneuse est très courte (figure 5-20). Les tiges rondes mesurent de 60 à 125 cm (24 à 50 po) de longueur. L'inflorescence est constituée d'une mince panicule.

La fétuque des prés se caractérise principalement par le bord rugueux de ses feuilles, sa courte ligule et ses oreillettes en forme de griffes. La fétuque des prés est une graminée non remontante.



Figure 5-19. Feuilles et inflorescence de la fétuque des prés.



Figure 5-20. Collet et oreillettes de la fétuque des prés. Sa ligule membraneuse est très courte.

Si la fétuque des prés pousse mieux dans les sols fertiles et profonds, elle tolère également les sols à drainage variable et peu fertilisés. Son système racinaire est moins profond que celui de la fétuque élevée, et elle survit moins longtemps et ne tolère pas aussi bien les conditions de croissance défavorables que cette dernière. Elle donne le gros de sa production durant l'été et à l'automne et conserve sa qualité fourragère jusque dans les mois plus frais de l'automne. Elle se marie bien au lotier en pâturage d'été et d'automne. On peut donc l'utiliser dans les champs qui ont tendance à être mouillés au printemps et qui ne peuvent servir de pâturage que tard en saison. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 20 à 25 kg/ha (18 à 22 lb/acre), à une profondeur de 1 cm ($\frac{3}{8}$ po); dans un peuplement mixte, réduire ce taux.

Fétuque élevée

Festuca arundinacea

Les feuilles de la fétuque élevée sont vert foncé et côtelées, à limbes longs et larges et à bouts acérés et effilés. Cette plante haute, d'apparence grossière, s'enracine profondément et forme des touffes après plusieurs années de croissance si elle n'est pas broutée ou coupée. C'est essentiellement une graminée cespiteuse, mais si elle est broutée fréquemment, elle produira un gazon résistant au piétinement. Cette graminée vert foncé forme de grosses touffes compactes de 10 à 40 cm (4 à 16 po) de diamètre, même si ses rhizomes sont courts. Les bords de sa gaine fendue se chevauchent. La gaine est lisse, épaisse et a l'aspect du cuir. Les gaines basses se décomposent très lentement. Son limbe plat mesure de 4 à 12 mm ($\frac{3}{16}$ à $\frac{1}{2}$ po) de largeur et de 20 à 70 cm (8 à 28 po) de longueur et se termine en pointe fine. Son limbe épais, qui a l'aspect du cuir et les bords rugueux, est très lisse et luisant sur la face inférieure, mais terne et profondément côtelé sur la face supérieure. Le collet, aux bords ridés, est large et jaunâtre. Les oreillettes jaunâtres sont molles et ondulées et leurs bords sont parsemés de poils fins. Sa ligule membraneuse est petite (figure 5-21). Les tiges rondes mesurent de 90 à 150 cm (36 à 60 po) de longueur. L'inflorescence est constituée d'une panicule

étalée (figure 5-22). Elle se distingue surtout par sa grande taille, par son apparence grossière, par ses feuilles vert foncé fortement côtelées qui ont l'aspect du cuir et par ses touffes d'herbe épaisse formées au fil des ans par l'accumulation de vieilles gaines de feuilles mortes. La fétuque élevée est une graminée non remontante.



Figure 5-21. Collet de la fétuque élevée. Oreillettes molles, petite ligule.



Figure 5-22. Inflorescence de la fétuque élevée.

La fétuque élevée s'adapte à la plupart des sols et tolère les drainages imparfaits. Certes, la reprise au printemps est lente, mais s'ensuit une production stable tout au long de la saison de pâturage. Elle s'intègre bien à un régime de pâturage tournant et complémente à merveille le lotier corniculé pour produire du fourrage pendant toute la saison. La fétuque élevée peut être pâturée en rotation jusqu'à la fin de juin ou jusqu'au début de juillet, puis mise en réserve vers la fin de l'été en vue du pâturage d'automne. Les travaux de recherche menés à la station de recherche agricole de New Liskeard montrent de façon constante qu'à l'automne, la

teneur en fibres de la fétuque élevée est plus faible que celle des autres graminées (voir le tableau 5-2). Dans un mélange simple, il faut semer à raison de 10 kg/ha (9 lb/acre) à 12,5 mm (½ po). Le semis doit être fait à 12,5 mm (½ po) de profondeur.

La fétuque élevée aide à combattre l'érosion et protège les terres vulnérables. Grâce à ses racines profondes, à sa longévité et à sa tolérance aux conditions extrêmes, la fétuque élevée peut s'établir dans la plupart des endroits ayant besoin d'un couvert végétal permanent.

Tableau 5-2. Unités nutritives totales de cinq espèces de graminées

Légende : – = aucune donnée disponible

Espèces de graminées	Unités nutritives totales (%)		
	1994	1995	1996
Fétuque élevée	61,4	61,5	59,2
Alpiste roseau	56,7	57,2	54,1
Brome inerme	58,4	58,0	55,9
Brome des prés	54,5	57,3	55,1
Dactyle pelotonné	56,2	–	–
Moyenne	57,4	58,5	56,1

Remarque : Récolte au début de novembre à New Liskeard.

Source : Johnston, Jim. *Alternative Forages for Hay, Silage and Pasture. Forage Feeds Profit*, Congrès de 1997 sur les cultures fourragères en Ontario.

Festuloliums

Hybrides de *Festuca* sp. et de *Lolium* sp.

Il s'agit de graminées hybrides, en l'occurrence un croisement entre un ray-grass (vivace ou d'Italie) et une fétuque (élevée ou des prés). Le nom « Festulolium » est dérivé du nom latin du genre de chaque parent de l'hybride (*Festuca* et *Lolium*).

Dans les lieux au climat tempéré, on utilise presque exclusivement les ray-grass en raison de leur très bonne sapidité. Ces graminées ont une teneur élevée en sucre et, lorsqu'elles sont bien fertilisées, ont une teneur en protéines beaucoup plus élevée que celle des graminées en général. Cependant, leur vulnérabilité à la destruction par l'hiver a

restreint leur utilisation en Ontario et ailleurs. Pour répondre au besoin en graminées fourragères digestibles ayant une bonne sapidité et un bon rendement dans les climats continentaux, les sélectionneuses et sélectionneurs ont commencé à croiser des ray-grass et des fétuques pour obtenir une meilleure persistance et résistance à l'hiver.

Certains hybrides ressemblent plus à leur parent ray-grass, alors que d'autres présentent davantage de caractéristiques des fétuques. Le rendement et la persistance dépendront des espèces utilisées pour le croisement. Par exemple, un Festulolium issu d'un ray-grass d'Italie aura probablement un meilleur rendement, mais une durée de vie productive plus courte, que s'il avait été issu d'un ray-grass vivace. De même, les cultivars

utilisés dans les lignées parentales définiront les caractéristiques de l'hybride de *Festulolium*, comme la date d'épiaison.

Au moment de la sélection d'un *Festulolium*, il faut s'assurer de noter le nom de l'hybride pour s'y référer ultérieurement. Il est important de se renseigner auprès du fournisseur de semences pour savoir quelles espèces ont été utilisées pour le croisement, et de quel parent sont issues les caractéristiques dominantes de l'hybride. Les caractéristiques de l'hybride choisi doivent être compatibles avec la fréquence et la méthode de récolte (en l'occurrence, broutage ou coupe). Les hybrides *Festulolium* ne sont pas tous adaptés à toutes les conditions. Il est donc important de bien se renseigner afin de trouver la bonne combinaison.

Vulpin des prés

Alopecurus pratensis

Le vulpin des prés ressemble à la fléole, mais ses feuilles sont plus petites et cannelées. De plus, le plant est plus court, et l'épiaison est beaucoup plus précoce. Les racines du vulpin des prés sont peu profondes et fasciculées. Les bords de sa gaine fendue se chevauchent. Son limbe aux bords rugueux mesure de 3 à 8 mm de largeur et de 10 à 15 cm (4 à 6 po) de longueur et se termine en pointe fine. Sa face supérieure est profondément cannelée. Son collet vert clair ou jaune est de largeur moyenne et divisé par la nervure principale. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse grossière est légèrement velue et striée (figure 5-23). Les tiges rondes mesurent de 50 à 100 cm (20 à 40 po) de longueur. Son inflorescence est constituée d'une panicule compacte en épi, semblable à celle de la fléole, mais avec une teinte noire. Les barbes courtes et douces le long des côtés de la tige porte-graines lui donnent l'aspect d'une queue de renard (figure 5-24). Il se distingue de la fléole par les bords rugueux de ses feuilles, par son type de ligule et par son collet divisé par la nervure principale.



Figure 5-23. Collet du vulpin des prés. Aucune oreillette, ligule à poils grossiers.



Figure 5-24. L'inflorescence du vulpin des prés a parfois une teinte noire.

Le vulpin des prés tolère les sols mal drainés et à faible pH. Très précoce, il épie la plupart du temps au début de mai. Après l'épiaison, il perd toute sa sapidité. Le vulpin des prés est l'espèce à pâturage la plus hâtive, mais on le sème souvent dans des champs trop mouillés pour porter des animaux au début de la saison de pâturage. À cause de ses racines peu profondes, sa productivité est faible dans les périodes de temps chaud et sec. Il est à son meilleur lorsqu'associé avec des espèces qui produisent durant tout l'été.

La semence du vulpin des prés est très légère et velue, ce qui rend le semis difficile. L'utilisation de semences enrobées permet de faciliter le semis. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 9 à 13 kg/ha (8 à 11 lb/acre); dans les mélanges, à raison de 2,5 à 4,5 kg/ha (3 à 5 lb/acre). Le semis doit se faire à 5 à 12,5 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ po) de profondeur^[7].

Dactyle pelotonné

Dactylis glomerata

Le dactyle pelotonné est une graminée cespiteuse, vert bleuâtre et vigoureuse. Les limbes des feuilles sont longs et larges, et la panicule forme une touffe grossière. La coupe transversale de la tige est ovale. La gaine en partie divisée est verte au sommet et vert clair ou blanche dans la partie inférieure. Le limbe mesure de 5 à 12 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ po) de largeur et de 7,5 à 40 cm (3 à 16 po) de longueur. Il forme un « V » à la base, mais est plat et se termine en pointe fine au sommet. Son large collet vert jaunâtre est divisé par la nervure principale. Le collet ne possède aucune oreillette. La ligule membraneuse est blanche et en forme d'arête à son sommet (figure 5-25). Les tiges plates mesurent de 90 à 150 cm (36 à 60 po) de hauteur. L'inflorescence est constituée d'une panicule formée de nombreuses touffes courtes et épaisses (figure 5-26). Le dactyle pelotonné est une graminée cespiteuse qui produit de nombreuses talles à la base du plant. La formation des talles commence tôt au printemps et se poursuit tout au long de la saison de croissance. À la suite de la coupe ou du broutage des tiges porte-graines, les nouvelles pousses sont constituées presque uniquement de feuilles. Le dactyle pelotonné est une graminée non remontante.

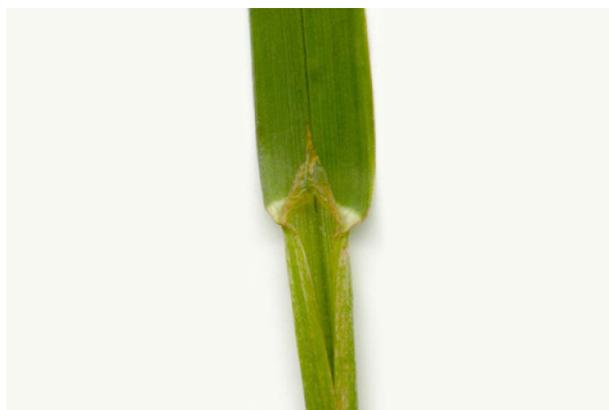


Figure 5-25. Collet du dactyle pelotonné. Aucune oreillette, ligule en forme d'arête à son sommet.



Figure 5-26. Inflorescence du dactyle pelotonné.

Le dactyle pelotonné nécessite des sols bien drainés et un bon égouttement de surface. Dans les mélanges simples avec la luzerne, il faut semer à raison de 7 à 9 kg/ha (6 à 8 lb/acre). Dans les mélanges plus complexes, un taux de 3,5 à 4,5 kg/ha (3 à 4 lb/acre) est suffisant. Ses plantules sont vigoureuses et s'établissent facilement.

Le dactyle pelotonné peut être très productif, particulièrement dans les pâturages et les champs de foin où le calendrier de récolte est intensif. Cependant, comme il épie très tôt au printemps et que sa teneur en énergie et en protéines digestibles diminue rapidement, son utilisation pour le fourrage mis en réserve n'est pas aussi répandue.

que celle des autres graminées fourragères en Ontario. Cette situation tend à changer puisque les sélectionneuses et sélectionneurs s'intéressent à de nouvelles variétés de dactyle pelotonné ayant une maturité plus tardive, et en développent. L'épiaison varie énormément, allant du 16 mai au plus tôt au 11 juin au plus tard (26 jours d'écart), selon les variétés.

Le dactyle pelotonné ne résiste pas aussi bien à l'hiver que la fléole ou le brome, et il ne tolère pas les sols humides. Il faut le faire brouter ou le couper légèrement à l'automne afin d'enlever l'épaisseur qui risque de verser et d'être détruite par l'hiver. Cette espèce est détruite par l'hiver en moyenne une année sur quatre.

Le dactyle pelotonné réagit bien à des doses élevées d'engrais azoté. Il faut faire attention, car il accumule rapidement les nitrates, ce qui peut occasionner des empoisonnements. Pour réduire ce risque, on a tout intérêt à limiter les épandages d'azote de mi-saison ou de fin de saison à 85 kg/ha (76 lb/acre). Voir le chapitre 10, *Stress d'origine météorologique*, et le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*, pour plus d'information.

MISE EN GARDE

La tétanie d'herbage est un problème dans les pâturages précoces à base de dactyle pelotonné, car la teneur en magnésium de celui-ci est trop basse pour combler les besoins des animaux.



Le dactyle pelotonné est une espèce, dont le rendement, mais aussi le risque est élevé. Géré adéquatement, il offre un rendement et une sapidité appréciables, mais sa vulnérabilité à la destruction par l'hiver et les problèmes nutritionnels qu'il entraîne parfois peut mettre un système de production de fourrage à l'épreuve.

Ray-grass vivace

Lolium perenne

Le ray-grass vivace est une graminée fine, lisse et vert foncé. Les feuilles, courtes, étroites et aux bouts côtelés sont lisses et luisantes sur la face inférieure. Il talle abondamment et atteint de 30 à 60 cm (12 à 24 po) de longueur. La gaine vert clair peut être ouverte ou fermée. Son limbe en forme de « V » mesure de 2 à 6 mm ($\frac{3}{32}$ à $\frac{1}{4}$ po) de largeur et de 5 à 15 cm (2 à 6 po) de longueur et se termine en pointe fine. Son collet est étroit. Ses oreillettes sont petites, molles et en forme de griffes. Sa ligule membraneuse est fine et dentée au sommet. L'inflorescence en épi est mince et rigide, chaque épillet sortant latéralement de l'axe central (figure 5-27). Les feuilles du ray-grass vivace sont généralement plus étroites que celles du ray-grass d'Italie; les nouvelles feuilles sont souvent pliées dans le bourgeon, alors que celles du ray-grass d'Italie sont roulées. Les semences du ray-grass d'Italie possèdent des barbes, contrairement à celles du ray-grass vivace. Il ne faut pas confondre le seigle (*Secale cereale*) et le ray-grass (*Lolium multiflorum* ou *L. perenne*) : ce sont des espèces de graminées entièrement distinctes aux caractéristiques très différentes. Le ray-grass vivace est une graminée non remontante.



Figure 5-27. Inflorescence du ray-grass vivace.

Le ray-grass vivace nécessite des sols bien drainés et fertiles. Il s'établit facilement et exerce une concurrence dans les mélanges. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 22 à 44 kg/ha (20 à 40 lb/acre); dans les mélanges, à raison de 5,5 à 11 kg/ha (5 à 10 lb/acre). Le semis doit être fait de 1,25 à 2,5 cm (½ à 1 po) de profondeur.

Le ray-grass vivace est une plante vivace de courte durée qui se décline en variétés destinées à l'engazonnement, aux pâturages et à la production de foin. Par rapport aux variétés utilisées pour la production de foin, les variétés destinées aux pâturages produisent généralement des feuilles plus fines et des talles plus petites et plus nombreuses, et elles viennent à maturité plus tard en saison.

La gestion du ray-grass vivace diffère de celle de la fléole ou du brome. Il est précoce et vigoureux au printemps, et continue de croître pendant une bonne partie de l'automne; sa croissance s'arrête toutefois pendant les mois chauds et secs de l'été. La croissance excessive des parties aériennes peut entraîner la destruction du ray-grass vivace par l'hiver. Par conséquent, le ray-grass peut être détruit dans les mélanges avec la luzerne qui ne sont pas coupés après la fin du mois d'août.

Si l'irrigation est possible, il convient d'envisager un peuplement pur. Comme le ray-grass réagit bien à une fertilisation du sol en azote, les rendements obtenus peuvent justifier le coût de l'irrigation. Il ne faut pas faire d'épandage d'azote après le mois de juillet sur les types fourragers de ray-grass vivace, car cela semble nuire à leur résistance à l'hiver, un problème en Ontario. Le broutage ou la coupe des repousses automnales avant l'hiver atténue le risque que des moisissures nivéales se forment et endommagent le ray-grass.

Agrostide blanche

Agrostis gigantea

Les feuilles de l'agrostide blanche sont vert foncé, et son inflorescence violacée vire au rouge quand elle s'ouvre. Les feuilles sont fines, et les tiges peuvent être verticales ou rampantes. L'agrostide

blanche forme un gazon lâche. Les bords de sa gaine fendue se chevauchent. Son limbe plat mesure de 2 à 7 mm de largeur et de 5 à 20 cm (2 à 8 po) de longueur et se termine en pointe fine. Sa face supérieure est profondément côtelée, et la nervure principale est bien visible sur la face inférieure. Le large collet vert clair est en forme de « V ». Le collet ne possède aucune oreillette. La ligule membraneuse est mince, pointue et très haute (figure 5-28). L'inflorescence est constituée d'une fine panicule rouge rouille lorsqu'elle est mature (figure 5-29). Elle se caractérise surtout par la face supérieure de son limbe profondément côtelé, la hauteur de sa ligule et l'absence d'oreillettes.



Figure 5-28. Collet de l'agrostide blanche. Aucune oreillette, ligule haute.

L'agrostide blanche tolère les sols très peu fertiles, à faible pH et mal drainés, mais elle ne donne pas de bons rendements. Elle n'exerce pas de concurrence dans les sols fertiles et, bien souvent, va jusqu'à disparaître si l'on améliore les conditions d'un sol. Sa productivité et sa qualité fourragère sont moindres que celles de la fléole. L'agrostide blanche peut être utilisée sur les berges des fossés ou près des cours d'eau gazonnés, où sa tolérance aux sols humides et son aptitude gazonnante aident à combattre l'érosion. La présence de l'agrostide blanche est le signe d'un sol humide, acide et peu fertile.



Figure 5-29. Inflorescence de l'agrostide blanche.

Alpiste roseau

Phalaris arundinacea

L'alpiste roseau est une plante haute mesurant jusqu'à 2,5 m (100 po) de hauteur. Elle possède de grosses tiges, et ses racines rhizomateuses forment un gazon lâche. Ses grandes feuilles le distinguent facilement. L'inflorescence est une panicule similaire à celle du dactyle pelotonné, mais elle se compose de touffes plus fines (figure 5-30). Les bords de sa gaine fendue se chevauchent. Son limbe plat mesure de 6 à 15 mm de largeur et de 10 à 30 cm (4 à 12 po) de longueur et se termine en pointe fine. Son collet vert clair ou jaune est étroit et non divisé. Le collet ne possède aucune oreillette. La ligule membraneuse est blanche, et son sommet se déchire parfois à maturité (figure 5-31). Les tiges sont rondes. L'alpiste roseau se distingue surtout par son limbe large aux bords compressés à 5 cm (2 po) du sommet ou du collet. Il s'agit d'une graminée remontante.

L'alpiste roseau est connu pour sa capacité à tolérer des sols mal drainés et même une inondation prolongée. Son système racinaire profond le rend plus résistant à la sécheresse que les autres graminées et fournit un rendement

élevé dans des sols bien drainés ou même secs. Sa persistance ainsi que sa résistance à l'hiver et aux maladies sont excellentes.



Figure 5-30. Inflorescence de l'alpiste roseau.



Figure 5-31. Collet de l'alpiste roseau. Aucune oreillette.

Auparavant, le bétail nourri à l'alpiste roseau donnait un rendement médiocre en raison des alcaloïdes inappétences qu'il contenait. Les variétés d'alpistes roseau recommandées sont exemptes de ces substances (tryptamine et Caroline), qui causent de la diarrhée et donnent un mauvais rendement. Quelques variétés (Marathon, Palaton et Venture) ont elles aussi moins d'alcaloïdes

qui réduisent la sapidité. Les nouvelles variétés sont moins vigoureuses et invasives que les variétés antérieures. Les semences d'alpiste roseau « commun » doivent être considérées comme ayant une forte teneur en alcaloïdes et donc, évitées.

L'alpiste roseau s'établit plus lentement et plus difficilement que les autres graminées. Il ne s'établit pas en présence d'une culture-abri. Il n'exerce pas vraiment de concurrence dans l'année de la semence, mais, une fois établi, il est très vigoureux. Dans les mélanges de légumineuses, on ne sentira probablement pas de forte présence de l'alpiste roseau avant la troisième année, mais il finira par prédominer. Cette implantation lente signifie que l'alpiste roseau ne convient pas aux rotations aux trois ans de mélanges de luzerne, mais qu'il peut convenir aux rotations plus longues. Les plantules ne sont pas très vigoureuses. On ne recommande donc pas de le semer sur un sol gelé, sous couvert dans des peuplements établis ou en automne. Le meilleur semis se fait dans un sol travaillé de façon traditionnelle, mais un semis direct peut également fonctionner. Il est important que le lit de semence soit ferme, tassé et bien préparé. Le semis doit se faire à une profondeur de 5 à 12,5 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ po), à raison de 10 à 12 kg/ha (9 à 11 lb/acre) pour un peuplement pur, ou à au moins 4,5 à 7 kg/ha (4 à 6 lb/acre) s'il est associé à une légumineuse. La lutte aux mauvaises herbes est importante pour réduire la concurrence. L'alpiste roseau tolère un pH aussi faible que 5,1.

Son aptitude gazonnante et le fait qu'il ne soit pas une graminée cespiteuse lui permettent de combler les trous dans les peuplements de foin (à la différence du dactyle pelotonné, du ray-grass et de la fléole des prés). L'alpiste roseau répond bien à une fertilisation adéquate, particulièrement à l'azote, et il peut se révéler utile pour la gestion des éléments nutritifs. Les peuplements purs répondent bien aux épandages fractionnés d'azote, qui en font augmenter le rendement et la teneur en protéines.

Avant l'épiaison complète, la qualité fourragère, y compris la teneur en protéines brutes et la digestibilité, est semblable à celle d'autres

graminées au même stade de maturité. La repousse est excellente et plus rapide que celle de la plupart des autres espèces de graminées. Normalement, la repousse donne lieu à la production de feuilles et à l'allongement de la tige, mais sans inflorescence (tige porte-graines). Conservé en végétation, l'alpiste roseau reste productif tout au long de la saison de croissance.

Fléole

Phleum pratense

La fléole est une plante aux feuilles douces, gris-vert et aux limbes larges et de longueur moyenne. L'inflorescence est constituée d'une panicule très compacte en épi caractéristique. La fléole porte à la base des tiges un renflement semblable à un oignon (corne), et son système racinaire est peu profond. La fléole est une graminée cespiteuse, non envahissante, qui talle peu. Les bords de sa gaine fendue se chevauchent. Son limbe plat mesure de 4 à 12 mm de largeur et de 7 à 25 cm ($2\frac{3}{4}$ à 10 po) de longueur et se termine en pointe fine. Son large collet n'est pas divisé. Le collet ne possède aucune oreillette. Sa ligule membraneuse blanche possède une dent et une entaille caractéristiques de chaque côté (figure 5-32). Les tiges rondes mesurent de 50 à 100 cm (20 à 40 po) de longueur. L'inflorescence est constituée d'une panicule en épi très dense (figure 5-33). La fléole est la graminée fourragère la plus cultivée en Ontario, mais elle convient mieux à la récolte mécanique qu'au pâturage, comme il s'agit d'une graminée remontante.



Figure 5-32. Collet de la fléole. Aucune oreillette, ligule entaillée.



Figure 5-33. Inflorescence de la fléole.

La fléole est bien adaptée aux sols lourds et à des conditions variables de drainage, de fertilité et de pH. Très productive au printemps, elle connaît ensuite une chute de productivité en mi-saison et une croissance d'automne peu vigoureuse. Les variétés plus hâtives produisent une repousse légèrement plus importante que les variétés plus tardives. Son système racinaire peu profond rend la fléole très vulnérable à la sécheresse et aux températures élevées. Une inondation de deux ou trois semaines peut la détruire.

Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 17 kg/ha (15 lb/acre), puisque des taux de semis plus élevés augmentent le risque de maladies des feuilles et des tiges. Dans les mélanges avec de la luzerne, la fléole peut être semée à raison de 7 kg/ha (6 lb/acre). Dans les mélanges complexes plus complexes, un taux de 2 à 4,5 kg/ha (2 à 4 lb/acre) est souvent suffisant. Le semis doit être fait dans un lit de semence ferme à 5 mm ($\frac{1}{4}$ po) de profondeur. Elle s'établit facilement au début du printemps ou à la fin de l'été. Dans le sud-ouest de l'Ontario, les productrices et producteurs ont obtenu de bons résultats en semant la fléole après le blé d'automne ou après une culture de soya de saison courte.

Par le passé, la fléole était combinée avec la luzerne parce qu'elle n'était pas assez envahissante pour éliminer cette dernière du peuplement. La première coupe était donc constituée d'un mélange de graminées et de luzerne, alors que les autres coupes étaient surtout composées de luzerne. Les nouvelles variétés de luzerne ont été sélectionnées pour accroître la persistance; elles sont en mesure de faire concurrence aux graminées plus envahissantes qui sont productives tout au long de la saison de croissance. Toutes les coupes sont donc composées de foin mixte. Les mélanges de fléole et de luzerne sont toujours recherchés comme foin pour les chevaux : les feuilles douces, la couleur attrayante et la panicule caractéristique font de la fléole un plant de choix pour cet usage. La clientèle de l'étranger apprécie la fléole pour ces caractéristiques, mais ils préfèrent le foin de fléole pur aux cultures de foin mixte.

La fléole coupée au stade de l'épiaison a une forte teneur en énergie digestible. Le meilleur moment pour récolter est après l'allongement complet de l'inflorescence, mais avant la floraison.

Fertilisation

Azote

Les engrais azotés ont un effet sur le rendement des peuplements fourragers qui contiennent moins de 50 % de légumineuses. Pour connaître les doses d'azote recommandées, voir le tableau 5-3.

Les peuplements de graminées contenant moins d'un tiers de légumineuses ont besoin d'azote pour donner un rendement optimal. Si les conditions le permettent, il est généralement plus économique de semer un mélange contenant des légumineuses. Il peut cependant être profitable d'ajouter de l'azote à des peuplements de graminées composés d'espèces fourragères productives; s'ils sont bien gérés, ces peuplements réagiront bien à l'ajout d'azote. Pour les peuplements de graminées (contenant moins d'un tiers de légumineuses), la dose suggérée est de 23 kg/tonne (45 lb/t c.) de matière fourragère sèche prévue.

L'apport d'azote augmente aussi la teneur en protéines des graminées. Pour le foin ou les pâturages, il convient de faire le premier épandage, aussitôt que possible au printemps, lorsque la culture commence à verdifier, puis un deuxième après la première coupe et un troisième après la deuxième coupe. Pour éviter les risques de toxicité par les nitrates, un épandage d'azote ne peut pas dépasser un taux de 170 kg/ha (150 lb/acre).

Les signes de carence en azote dans les fourrages sont le jaunissement généralisé et le rabougrissement des plants. Ces signes peuvent apparaître d'abord sur les parties basses des plants. Chez les légumineuses, la carence en azote résulte généralement d'une mauvaise ondulation ou du faible pH du sol, ou des deux.

Tableau 5-3. Doses d'azote recommandées sur les cultures fourragères vivaces de saison fraîche

Culture	Dose d'azote suggérée
Semis de légumineuses ou d'un mélange légumineuses-graminées	
Sans culture-abri ¹	0 kg/ha
Avec culture-abri ¹	15 kg/ha (13 lb/acre)
Pâturage non amélioré	50 kg/ha (45 lb/acre)
Graminée de semence	90 kg/ha (80 lb/acre)
Foin ou pâturage	
La moitié ou plus en légumineuses	0 kg/ha
Un tiers à un demi en légumineuses	60 kg/ha (54 lb/acre)
Graminées (moins du tiers en légumineuses)	23 kg/t (45 lb/t c.) de matière sèche prévue

¹ Une culture-abri est une culture annuelle, généralement une céréale, semée avec une culture fourragère vivace. Voir la section *Semis sous couverture* au chapitre 1, *Planification et établissement*.

Phosphate et potasse

Les tableaux 5-4 et 5-5 contiennent des recommandations concernant le phosphate (P_2O_5) et la potasse (K_2O). Ces recommandations reposent sur des analyses de sol reconnues par le MAAARO, réalisées avec la méthode axée sur les concentrations convenables, qui consiste à épandre la dose d'éléments nutritifs la plus économique pour une année donnée. Pour plus d'information sur l'utilisation de ces tableaux, ou en l'absence d'une analyse de sol reconnue par le MAAARO, voir la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*.

Dans le cas d'un semis direct sur un sol nécessitant un apport de phosphate, l'établissement de la culture peut être amélioré par l'épandage d'un engrais riche en cet élément à 5 cm (2 po) directement sous la semence. À cette fin, on utilise un semoir à céréales muni d'une trémie pour engrais et d'une autre pour les semences de graminées. L'engrais est déposé par les ouvre-sillons et les semences fourragères sont déposées sur un sol bien ferme, juste derrière les ouvre-sillons. Habituellement, on conseille de tasser la surface du sol immédiatement après le semis.

La potasse peut améliorer davantage la persistance des fourrages si elle est ajoutée dans les six semaines précédant le début de la période de repos d'automne. La luzerne est parfois touchée par des carences en potasse, qui se manifestent par l'apparition de petits points pâles sur les folioles. Ces points peuvent se trouver n'importe où sur la foliole, mais ils sont habituellement regroupés près des pourtours (figure 5-34). Chez les graminées et les trèfles, les signes de carence en potasse sont moins distinctifs, mais se traduisent par un ralentissement de la

croissance et une réduction du rendement. Une concentration de potassium élevée peut entraîner l'absorption de quantités excessives de cet élément par les fourrages et, par la suite, des problèmes nutritionnels lorsque le fourrage est servi aux vaches laitières avant le vêlage. Dans les sols où la teneur est supérieure à 150 ppm, l'épandage de potassium n'est pas recommandé parce qu'il n'améliore pas sensiblement la résistance des fourrages à l'hiver.



Figure 5-34. Luzerne touchée par une carence en potasse. Chez les graminées et les trèfles, les signes de carence en potasse sont moins distinctifs, mais se traduisent par un ralentissement de la croissance et une réduction du rendement.

Le phosphate, si nécessaire, peut être épandu en même temps que la potasse ou à un autre moment dans l'année. Les signes de carence en phosphate sont rares et non spécifiques chez les cultures fourragères, mais dans le cas des légumineuses, il peut s'agir d'un rabougrissement et d'une faible survie à l'hiver.

Tableau 5-4. Doses de phosphate (P₂O₅) recommandées pour les cultures fourragères vivaces de saison fraîche

Légende : RÉ = réaction élevée RM = réaction moyenne RF = réaction faible
 RTF = réaction très faible RN = réaction nulle

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium	Au semis, avec ou sans culture-abri	Semis en bandes sans culture-abri ¹	Peuplements établis	Pâturage non amélioré
0 à 3 ppm	130 kg/ha (RÉ) 116 lb/acre (RÉ)	130 kg/ha (RÉ) 116 lb/acre (RÉ)	180 kg/ha (RÉ) 161 lb/acre (RÉ)	70 kg/ha (RÉ) 62 lb/acre (RÉ)
4 à 5 ppm	110 kg/ha (RÉ) 98 lb/acre (RÉ)	110 kg/ha (RÉ) 98 lb/acre (RÉ)	120 kg/ha (RÉ) 107 lb/acre (RÉ)	60 kg/ha (RÉ) 54 lb/acre (RÉ)
6 à 7 ppm	90 kg/ha (RÉ) 80 lb/acre (RÉ)	90 kg/ha (RÉ) 80 lb/acre (RÉ)	90 kg/ha (RÉ) 80 lb/acre (RÉ)	50 kg/ha (RÉ) 45 lb/acre (RÉ)
8 à 9 ppm	70 kg/ha (RÉ) 62 lb/acre (RÉ)	70 kg/ha (RÉ) 62 lb/acre (RÉ)	60 kg/ha (RÉ) 54 lb/acre (RÉ)	30 kg/ha (RÉ) 27 lb/acre (RÉ)
10 à 12 ppm	50 kg/ha (RM) 45 lb/acre (RM)	50 kg/ha (RM) 45 lb/acre (RM)	30 kg/ha (RM) 27 lb/acre (RM)	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)
13 à 15 ppm	30 kg/ha (RM) 27 lb/acre (RM)	40 kg/ha (RM) 36 lb/acre (RM)	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)
16 à 20 ppm	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)	30 kg/ha (RM) 27 lb/acre (RM)	0 (RF)	0 (RF)
21 à 25 ppm	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)	0 (RF)	0 (RF)
26 à 30 ppm	0 (RF)	20 kg/ha (RF) 18 lb/acre (RF)	0 (RTF)	0 (RF)
31 à 40 ppm	0 (RF)	20 kg/ha (LR) 18 lb/acre (LR)	0 (RTF)	0 (RTF)
41 à 50 ppm	0 (RTF)	20 kg/ha (RF) 18 lb/acre (RF)	0 (RTF)	0 (RTF)
51 à 60 ppm	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)
61 ppm et plus	0 (RN) ²	0 (RN) ²	0 (RN) ²	0 (RN) ²

100 kg/ha = 90 lb/acre

¹ Seulement pour les semis en bandes effectués directement au-dessus de l'engrais enfoui.

² Quand la cote est « RN », l'épandage du phosphore sous forme d'engrais ou de fumier risque de réduire le rendement ou la qualité des fourrages et peut augmenter le risque de carence en magnésium.

Remarques

D'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO.

L'épandage d'éléments nutritifs est profitable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'épandage.

Si l'on utilise du fumier, il faut réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir la section *Fumier* au chapitre 2, *Fertilité du sol et éléments nutritifs*).

Tableau 5-5. Doses de potasse (K₂O) recommandées pour les cultures fourragères vivaces de saison fraîche

Légende : RÉ = réaction élevée RM = réaction moyenne RF = réaction faible RTF = réaction très faible RN = réaction nulle			
Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium	Au semis, avec ou sans culture-abri		Épandages à l'été ou à l'automne, sur de nouveaux semis et des peuplements établis
0 à 5 ppm	90 kg/ha (RÉ) 80 lb/acre (RÉ)		480 kg/ha (RÉ) 428 lb/acre (RÉ)
16 à 30 ppm	80 kg/ha (RÉ) 71 lb/acre (RÉ)		400 kg/ha (RÉ) 357 lb/acre (RÉ)
31 à 45 ppm	70 kg/ha (RÉ) 62 lb/acre (RÉ)		320 kg/ha (RÉ) 285 lb/acre (RÉ)
46 à 60 ppm	50 kg/ha (RÉ) 45 lb/acre (RÉ)		270 kg/ha (RÉ) 241 lb/acre (RÉ)
61 à 80 ppm	40 kg/ha (RÉ) 36 lb/acre (RÉ)		200 kg/ha (RÉ) 178 lb/acre (RÉ)
81 à 100 ppm	30 kg/ha (RM) 27 lb/acre (RM)		130 kg/ha (RÉ) 116 lb/acre (RÉ)
101 à 120 ppm	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)		70 kg/ha (RM) 62 lb/acre (RM)
121 à 150 ppm	20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)		20 kg/ha (RM) 18 lb/acre (RM)
151 à 180 ppm	0 (RF)		0 (RF)
180 à 250 ppm	0 (RTF)		0 (RTF)
251 ppm et plus	0 (RN) ¹		0 (RN) ¹
100 kg/ha = 90 lb/acre			

¹ Quand la cote est « RN », l'épandage du phosphore sous forme d'engrais ou de fumier risque de réduire le rendement ou la qualité des fourrages et peut augmenter le risque de parésie post-partum chez les vaches laitières durant le tarissement. Par exemple, l'épandage de potasse dans des sols pauvres en magnésium peut provoquer une carence en magnésium.

Remarques

D'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO.

L'épandage d'éléments nutritifs est profitable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'épandage.

Si l'on utilise du fumier, il faut réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir la section *Fumier* au chapitre 2, *Fertilité du sol et éléments nutritifs*).

Références

1. ST. JOHN, L., et D. OGLE. *Plant Guide for Alsike Clover (Trifolium hybridum L.)*, Aberdeen, Idaho, 83210, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Idaho Plant Materials Center, 2008.
2. BÉLANGER, G., G.F. TREMBLAY, Y.A. PAPADOPOULOS, J. DUYNISVELD, J. LAJEUNESSE, C. LAFRENIÈRE et S.A.E. FILLMORE. 2017. « *Yield and Nutritive Value of Binary Legume-Grass Mixtures Under Grazing or Frequent Cutting* », dans *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 98, n° 2, 2017, p. 395-407.
3. VERHALLEN, A., A. HAYES et T. TAYLOR. *Cultures couvre-sol : Le mélilot* [En ligne], ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, juin 2001. [http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/sweetclover.htm#start]
4. OGLE, D., et L. ST. JOHN. *Plant Guide for Alsike Clover (Trifolium hybridum L.)*, Aberdeen, Idaho, 83210, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Idaho Plant Materials Center, 2008.
5. ST. JOHN, L., D. TILLEY et S. WINSLOW. *Plant Guide for Canada Bluegrass (Poa compressa)*, Aberdeen, Idaho, 83210, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Idaho Plant Materials Center, 2012.
6. ST. JOHN, L., D. TILLEY, P. HUNT et S. WRIGHT. *Plant Guide for Red Fescue (Festuca rubra)*, Aberdeen, Idaho, 83210, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Idaho Plant Materials Center, 2012.
7. KLINE, P., K. BROERSMA, S.B.M. WRIGHT et L.M. RODE. *Le vulpin des prés : guide de culture* [En ligne], Ottawa, Ontario, Canada, Agriculture Canada, 1993.

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

L'alpiste roseau [En ligne], 30 juillet 2003.

[http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_reed_canarygrass.htm]

Rethinking Orchardgrass [En ligne], 11 avril 2011.

[<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/forages/rethinking.htm>]

Information for Extension Personnel: Orchardgrass in Ontario, décembre 1967.

Kura Clover: A New Pasture Legume for Ontario? [fiche technique 98-049], 1998.

Publication 19F, *la culture des pâturages*, 2015.

Gestion des graminées remontantes et non remontantes, dans *Field Crop News* [En ligne], septembre 2019. [<https://fieldcropnews.com/2020/09/managing-jointing-and-non-jointing-grasses/>]

Identification des légumineuses de pâturage [fiche technique 04-058], 2004.

Identification des graminées de pâturage [fiche technique 06-096], 2006.

Alsike Clover Poisoning, Photosensitization or Photodermatitis in Horses [En ligne], 15 janvier 2016. [www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/horses/facts/info_alsike_clover.htm]

CHAPITRE 6

Vivaces de saison chaude

Graminées

Bien que les graminées vivaces de saison chaude aient le potentiel pour servir de fourrage sur un plus grand nombre d'exploitations agricoles ontariennes, leur utilisation est limitée jusqu'à maintenant.

Panic érigé

Panicum virgatum

Le panic érigé est une espèce de graminée haute indigène d'Amérique du Nord. Le panic érigé se caractérise principalement par des poils blancs à la jonction du limbe de la feuille et de la tige. Durant les cinq ou six premières semaines de croissance, les tiges sont rondes et d'un rouge violacé (figure 6-1). Les plantules de mauvaises herbes, comme celles de digitale ou de sétaire, sont souvent d'un vert clair, ont des feuilles courtes et larges et comportent plusieurs tiges.

Le panic érigé convient au broutage, à la production de foin ou à l'ensilage. Le rendement du panic érigé peut être relativement bon dans les régions comptant de 2 100 à 2 700 unités thermiques de croissance (UTC) et est meilleur là où la saison est plus longue.



Figure 6-1. Panic érigé, en épi.

MISE EN GARDE

Le panic érigé fait un excellent fourrage pour le bétail; cependant, les matières des végétaux verts contiennent de la saponine, laquelle peut causer de la photosensibilité et des dommages au foie chez les moutons, les chèvres et les chevaux. Il ne faut donc pas servir de panic érigé aux petits ruminants ni aux chevaux. La paille de panic érigé a une faible teneur en saponine; elle peut donc servir de litière sans danger.



Le panic érigé convient à la plupart des types de sols. Son rendement est moindre dans les sols très lourds ou très légers. Idéalement, le pH du sol devrait se situer entre 6,0 et 6,8. Le rendement du panic érigé est optimal dans les sols fertiles, mais la plante convient également aux terres marginales où les cultures annuelles sont moins productives. L'établissement se fait mieux dans des sols à texture moyenne bien drainés qui se réchauffent rapidement et où les mauvaises herbes exercent peu de concurrence. Un tassage léger avant le semis permet d'en uniformiser la profondeur, et un autre après permet d'améliorer le contact entre la semence et le sol. Une culture où le panic érigé suit le soya dans la rotation fournit un lit de semence ferme, avec peu de résidus, qui est propice au semis direct.

Il existe deux principaux écotypes de panic érigé. L'écotype des basses terres est le plus adapté aux conditions des plaines inondables dans le sud et le centre des États-Unis. Celui des hautes terres est adapté aux conditions plus sèches des hautes terres et pousse plus au nord. Par ailleurs, le panic érigé des hautes terres produit un fourrage de qualité

supérieure, car le contenu de ses tiges est moins fibreux. Le panic érigé qu'on trouve en Ontario est de l'écotype des hautes terres, celui des basses terres résistant moins bien à l'hiver.

Les cultivars de panic érigé tardifs ont un meilleur rendement que les cultivars précoces, parce qu'ils photosynthétisent plus efficacement les rayons du soleil. Les nouvelles variétés se caractérisent par une dormance réduite, une plus grande taille pour un meilleur établissement du peuplement dans la première année, une plus grande résistance à la verse et un rendement en biomasse supérieur.

Pour réussir la culture du panic érigé, il est essentiel de bien préparer le champ. Habituellement, il faut effectuer un ou deux passages secondaires de travail du sol, puis tasser la terre ou passer le cultivateur-tasseur. Quel que soit le type de sol, il est fortement recommandé de tasser celui-ci avant et après le semis. Comme les semences de panic érigé sont petites, il faut un semoir qui peut les positionner uniformément et à faible profondeur. Le semis peut notamment se faire à l'aide d'un semoir à céréales équipé d'une trémie à semences fourragères. Pour optimiser le semis dans les champs avec un travail du sol classique, il est recommandé d'utiliser un semoir à rouleau plombeur dans des rangs espacés de 17,5 à 19 cm (7 à 7½ po) et profonds de 0,5 à 1,25 cm (de ¼ à ½ po). Le mieux est d'ensemencer quand le sol est relativement chaud. Le semis se fait habituellement une fois qu'il n'y a plus de risque de gel, généralement entre le 10 mai et le 10 juin, selon la région. Les semences germent quand la température dépasse 10°C. Un taux de semis de 8 à 10 kg/ha (7 à 9 lb/acre) de semences pures vivantes (valeur culturale) favorise la réussite de l'établissement. Un taux plus élevé de 12 kg/ha (11 lb/acre) de semences pures vivantes (valeur culturale) est recommandé dans les champs marginaux.

Le feuillage du panic érigé peut se développer assez lentement l'année d'établissement. Les graminées vivaces de saison fraîche (comme le chiendent commun, le brome et l'alpiste roseau) peuvent être des concurrents particulièrement envahissants. Il est important d'éliminer toute mauvaise herbe vivace du site avant le semis. Dans les champs avec un travail du sol classique, une lutte inefficace contre les mauvaises herbes est la cause la plus fréquente de l'échec du peuplement de panic érigé. L'année d'établissement, il est possible d'atténuer ce problème en semant le panic érigé directement sur du chaume de soya, lequel fournit un excellent lit de semence et affaiblit les graminées annuelles. Les plantules des nouveaux cultivars de panic érigé améliorés sont plus vigoureuses en début d'établissement, la première année, ce qui contribue aussi à réduire la présence de mauvaises herbes. La lutte contre les mauvaises herbes est essentielle à la réussite de l'établissement et de la production. Grâce aux nouvelles variétés qui s'établissent rapidement, la plupart des agricultrices et agriculteurs peuvent planter des semis directs et utiliser un herbicide de prélevée. Il est conseillé à celles et ceux qui veulent se servir d'une culture-abri pour le fourrage de semer les plantes dans des rangs espacés de 35,5 cm (14 po) et de procéder à la récolte au-dessus du point végétatif des plantules de panic érigé.

Comme il s'agit actuellement d'une culture de faible superficie, des homologations pour un nouvel usage limité ont été accordées pour certains herbicides concernant l'utilisation sur les mauvaises herbes indiquées sur l'étiquette. Pour obtenir des renseignements à jour au sujet des produits homologués en vue d'utilisation sur le panic érigé, communiquez avec la coordinatrice ou le coordonnateur du programme des pesticides à usage limité du MAAARO à l'adresse ag.info.omafra@ontario.ca.

Il existe peu de recommandations propres à la fertilisation du panic érigé. Il ne faut pas épandre d'engrais azoté l'année du semis pour éviter de favoriser la concurrence exercée par les mauvaises herbes. Dans la plupart des cas, la seule mesure

requis après la récolte est l'épandage d'engrais azoté. Si la récolte se fait au printemps, une dose d'azote de 60 à 70 kg/ha (50 à 60 lb/acre) est suffisante pour obtenir un rendement de 8 à 10 t/ha (3,5 à 4,5 t. c./acre). En règle générale, il faut épandre 6 kg d'azote/t (12 lb/t. c.) de biomasse retirée du champ. Un apport excessif d'azote cause généralement la verse des cultures, une diminution du rendement et des problèmes au moment de la récolte. Habituellement, l'épandage s'effectue de la mi-mai à la fin mai, lorsque la culture mesure de 15 à 25 cm (6 à 10 po) et que le panic érigé a repris sa croissance. Cette pratique contribue à réduire les pertes d'azote causées par l'utilisation de l'urée. Un épandage d'azote plus hâtif a tendance à favoriser la croissance des graminées adventices, tout particulièrement des graminées adventices annuelles et du chiendent commun. Ces recommandations s'appuient sur l'expérience de production de biomasse en Ontario; au moment de leur publication, aucune étude provinciale sur les programmes de fertilité concernant le fourrage ou les systèmes de broutage n'est en cours.

Le panic érigé possède un vaste système racinaire et peut extraire du potassium et du phosphore des couches profondes du profil du sol. Comme s'il s'agit d'une culture vivace, ses racines peuvent nouer des relations symbiotiques avec les champignons mycorhiziens, qui l'aident à absorber davantage de phosphore. Les teneurs en phosphore et en potassium doivent correspondre à celles recommandées dans l'analyse de sol (de 12 à 18 ppm de phosphore et de 100 à 130 ppm de potassium). Si les teneurs sont inférieures aux valeurs cibles, il faut incorporer ces éléments nutritifs dans le sol avant le semis en utilisant des doses qui comblent le vide laissé par ce que prélève la culture tout en améliorant les teneurs au fil du temps.

Le panic érigé n'est habituellement pas récolté durant l'année de son établissement; on attend au printemps suivant pour que la plante devienne plus résistante à l'hiver. Le rendement prévu durant l'année d'établissement correspond à environ le

tiers du potentiel d'un peuplement complet, et l'année suivante, à environ les deux tiers. Une fois établi et bien entretenu, un peuplement de panic érigé demeure productif indéfiniment et peut donner une récolte de 8 à 12 t/ha (de 3,5 à 4,5 t. c./acre) de matière sèche à l'automne.

Si la culture de panic érigé sert de litière, de pâture ou de fourrage grossier pour le bétail, elle peut servir de pâturage pendant la saison de croissance ou être coupée pour la production de foin en juillet ou en août et donner éventuellement deux récoltes. Si l'on récolte le panic érigé deux fois dans une même année, ou avant la sénescence naturelle, le peuplement risque de se dégrader. À ce jour, les agricultrices et agriculteurs ontariens cultivent principalement le panic érigé en tant que biomasse qu'ils coupent une seule fois par année. Suivant cette méthode, la plante est productive pour au moins dix ans. Les effets qu'auront le broutage ou des récoltes multiples sur la persistance en Ontario sont inconnus.

Le panic érigé est une graminée remontante. Par conséquent, son point végétatif monte au cours de la saison de croissance. Après une coupe précoce ou un broutage, la plante devrait mesurer 20 cm (8 po) pour favoriser une repousse rapide. Comme le panic érigé arrive à maturité plus tôt que d'autres graminées de saison chaude, le broutage devrait commencer avant que les enclos contenant des espèces de saison fraîche ne manquent de fourrage. Cette méthode permet de maintenir la qualité du panic érigé^[1].

Références

1. MITCHELL R.B. et ANDERSON B.E. *Switchgrass, Big Bluestem and Indiangrass for Grazing and Hay* [Factsheet G1908], Nebraska, États-Unis, University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 2008.

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits de la source suivante du MAAARO :

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

CHAPITRE 7

Annuelles de saison fraîche

De nombreuses annuelles de saison fraîche sont cultivées pour le fourrage en Ontario. Les annuelles sont excellentes pour remplir les vides de production naturels entre les cultures fourragères vivaces. Si les cultures de saison fraîche poussent généralement mieux par temps doux, chaque

espèce a une tolérance différente quant au drainage du sol (figure 7-1), au pH du sol (figure 7-2) et à la gestion de la récolte (tableau 7-1), et quant aux mauvaises conditions météorologiques (chapitre 10, *Stress d'origine météorologique*).

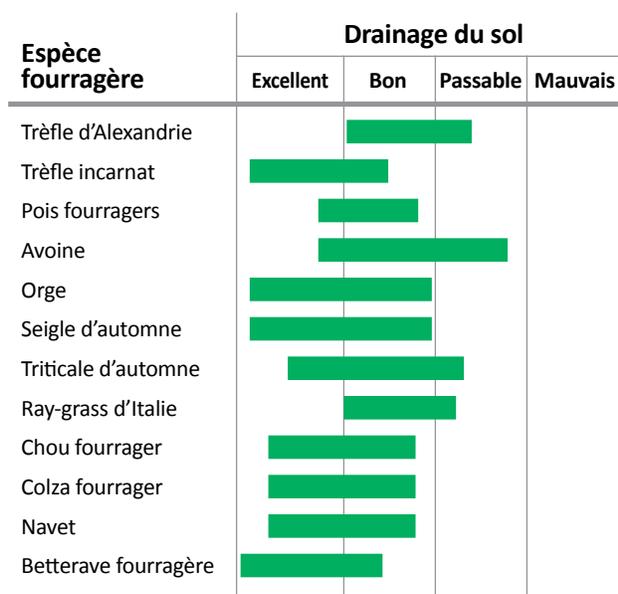


Figure 7-1. Drainage du sol requis par les espèces fourragères annuelles de saison fraîche.

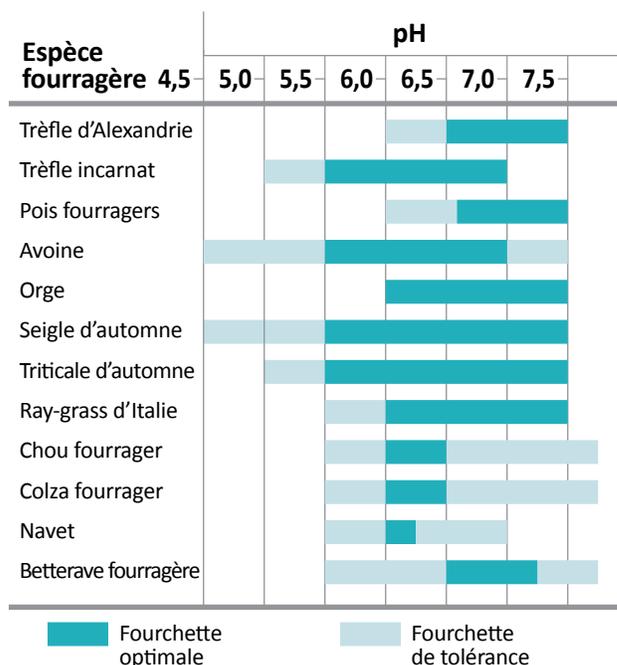


Figure 7-2. Fourchette de pH requise par les espèces fourragères annuelles de saison fraîche.

Tableau 7-1. Compatibilité d'espèces fourragères annuelles de saison fraîche et de types de gestion de la récolte

Légende : T = Très compatible C = Compatible N = Non compatible

Forage Species	Broutage à ras unique	Pâturage tournant	Foin	Balles	Ensilage
Trèfle d'Alexandrie	T	N	C	C	C
Trèfle incarnat	C	C	N	C	C
Pois fourragers	C	N	C	C	C
Avoine	T	C	N	T	T
Orge	C	N	N	T	T
Seigle d'automne	C	T ¹	N	T	T
Triticale d'automne	C	T ¹	N	T	T
Ray-grass d'Italie	N	T	N	T	T
Chou fourrager	T	N	N	N	N
Colza fourrager	T	N	N	N	N
Navet	T	N	N	N	N
Betterave fourragère	T	N	N	N	C ²

¹ Pour les céréales d'automne, la notion de « pâturage tournant » signifie un pâturage à l'automne puis un autre au début du printemps.

² Les betteraves fourragères peuvent être arrachées, nettoyées, hachées, mélangées à de la paille et ensilées, mais peu d'exploitations agricoles en Ontario ont l'équipement pour le faire.

Légumineuses

Trèfle d'Alexandrie

Trifolium alexandrinum

Le trèfle d'Alexandrie peut atteindre de 30 à 120 cm (12 à 48 po) de hauteur. Sa tige est creuse, et ses feuilles sont légèrement velues. Ses fleurs sont blanc jaunâtre (figure 7-3). Sa courte racine pivotante ne mesure généralement pas plus de 30 cm (12 po). Cette légumineuse, qui ne cause pas de ballonnements, convient pour le foin ou le pâturage.



Figure 7-3. Trèfle d'Alexandrie en fleurs.

Le trèfle d'Alexandrie n'est pas résistant à l'hiver, mais il peut survivre en partie dans les climats tempérés du Sud de l'Ontario et de la région de Niagara. Il préfère les sols loameux et argileux à forte teneur en limon et en sable très fin. Il tolère les sols mal drainés et la sécheresse mieux que le trèfle incarnat, et s'accommode d'un pH allant de 6,5 à 7,5.

Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 20 à 22 kg/ha (18 à 20 lb/acre). Le semis doit être fait à 5 mm (¼ po) de profondeur. De manière générale, la première coupe a lieu 60 jours après le semis, et les suivantes à un intervalle de 25 à 30 jours, à une hauteur de 7 à 10 cm (3 à 4 po). On peut le semer sur un sol gelé^[1].

Le trèfle d'Alexandrie peut être utilisé pour compléter un peuplement de luzerne ancien ou endommagé, puisque les caractéristiques de croissance et la maturité de ces deux espèces sont souvent compatibles. Comme le trèfle rouge, le trèfle d'Alexandrie se décline en deux variétés : à une coupe et à coupes multiples. Une variété à coupes multiples convient pour compléter un champ de vivaces destinées à la production de foin.

Trèfle incarnat

Trifolium incarnatum

Le trèfle incarnat n'est pas résistant à l'hiver, mais il peut survivre en partie dans les climats tempérés du Sud de l'Ontario et de la région de Niagara. Il préfère les sols dont le pH se situe entre 5,0 et 7,0, et tolère l'ombre. Ses feuilles sont velues et sans macule (figures 7-4a et 7-4b).



Figure 7-4a. Trèfle incarnat en fleurs.



Figure 7-4b. Les feuilles du trèfle incarnat sont velues et sans macule.

Le trèfle incarnat préfère les sols bien drainés. Il faut le semer en août à raison de 20 à 22 kg/ha (18 à 20 lb/acre), à une profondeur de 5 mm (¼ po) dans les sols argileux et de 12,5 à 20 mm (½ à ¾ po) dans les sols sableux. Idéalement, il faut le couper de quatre à six semaines avant la grenaison à une hauteur de 7 à 10 cm (3 à 4 po)^[2].

Pois fourragers

Pisum sativum

Les pois ont une tige grimpante faible qui peut atteindre une hauteur (ou une longueur) de 1 mètre (40 po). Les fleurs, qui poussent en paires, peuvent être blanches, roses ou pourpres. Le système racinaire peu profond des pois les rend vulnérables à la sécheresse. Comme les pois sont vulnérables à la verse, ils sont souvent mélangés à une culture céréalière qui agit comme support (figure 7-5).



Figure 7-5. Pois en culture couvre-sol. Les pois fourragers sont souvent cultivés avec des céréales pour éviter la verse.

Les pois poussent mieux dans les sols loameux et argileux bien drainés. À l'inverse, ils ne conviennent pas aux sols mal drainés, secs, sableux et graveleux. Ils préfèrent les sols fertiles dont le pH se situe entre 6,0 et 7,5. Ils peuvent résister au gel (-12 °C), mais ne survivront pas tous à l'hiver, particulièrement dans les zones où il neige peu et que les températures sont froides pendant de longues périodes.

Les pois fourragers semés avec des céréales améliorent la qualité nutritionnelle du fourrage en augmentant la teneur en protéines et la digestibilité. Dans un mélange où les pois représentent au moins 50 % (en poids), la teneur en protéines brutes du fourrage récolté peut être de 2 % à 4 % plus élevée que celle d'un fourrage composé uniquement de céréales. Comme les protéines contenues dans les pois sont facilement dégradables, il pourrait être nécessaire d'équilibrer la ration avec une protéine soustraite à la dégradation ruminale. La teneur en fibres au détergent acide (FDA) ne varie pas beaucoup entre les mélanges et les fourrages composés de céréales seulement, mais la teneur en fibres au détergent neutre (FDN) est de 2 % à 4,5 % moins élevée dans les mélanges, ce qui peut se traduire par une prise alimentaire plus élevée.

L'ajout de pois augmente le coût des semences. Il faut donc choisir de préférence des variétés de pois fourragers. Le mélange céréales-pois peut être utilisé comme culture-abri pour la luzerne, mais devrait être récolté aux fins d'ensilage. À la récolte, les pois sont habituellement plus abondants lorsqu'ils sont mélangés avec le triticale que lorsqu'ils sont mélangés avec l'avoine. Le produit obtenu est généralement de meilleure qualité, mais le fanage des plants est plus long, tout comme le temps de fanage avant l'ensilage.

Il faut couper lorsque la céréale commence à épier, tout juste quand le pois commence à peine à faire ses gousses. Si les semis sont effectués à la fin avril, ce stade de croissance se produit habituellement vers la dernière semaine de juin. Les mélanges céréales-pois se flétrissent lentement, et les plants peuvent verser si le peuplement est dense. Si un tel mélange est utilisé comme culture-abri, sa coupe, son fanage et son retrait du champ doivent avoir lieu rapidement pour que la luzerne puisse s'établir correctement.

Céréales et graminées

Les plantules des graminées annuelles sont vigoureuses et s'établissent rapidement. Les graminées peuvent être un bon choix pour obtenir un supplément de fourrage. Les céréales sont des graminées annuelles qui ont été sélectionnées pour la production céréalière. Les graminées annuelles de saison fraîche ont parfois besoin de vernalisation pour produire des semences. Leur capacité à survivre à l'hiver en Ontario varie également d'une espèce à l'autre.

Toutes les céréales repousseront si elles sont broutées assez tôt au stade végétatif. À ce stade, les céréales sont une bonne source de protéines, mais ont une très faible teneur en matière sèche et en fibres.

Puisque les céréales ont tendance à accumuler des nitrates, l'épandage de grandes quantités d'engrais azoté par temps frais ou nuageux pendant la croissance peut entraîner une concentration toxique de nitrates dans les plants. Il faut donc plafonner les épandages d'azote à 30 à 50 kg/ha (27 à 45 lb/acre). Les céréales produisent le plus de fourrage lorsqu'elles sont semées et fertilisées en vue d'obtenir de bons rendements en grains.

Le chapitre 4, *Céréales*, de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, présente des recommandations quant aux doses de phosphate et de potasse pour les céréales. Toutefois, comme le ray-grass d'Italie et le ray-grass de type Westerwold produisent des coupes multiples, les recommandations propres à la fertilisation des cultures fourragères vivaces leur conviennent mieux (voir le chapitre 5, *Vivaces de saison fraîche*).

Céréales de printemps

Les céréales de printemps se prêtent très bien à la production de fourrage sous forme d'ensilage préfané, d'ensilage en balles ou de pâturage (tableau 7-2). Elles sont toutefois difficiles à sécher pour la production de foin en Ontario. L'avoine, l'orge et le blé de printemps sont très employés comme cultures-abris dans les semis de plantes fourragères vivaces. Pour éviter toute concurrence et ainsi améliorer l'établissement des plantes fourragères vivaces, on conseille de récolter les céréales comme fourrages. Dans le cas d'une deuxième récolte, on peut semer des céréales de printemps en août après une culture de blé d'automne ou de céréales de printemps en vue de les récolter au début d'octobre sous forme d'ensilage ou d'ensilage en balles.

Tableau 7-2. Rendement moyen obtenu lors d'essais menés de 1994 à 1997 par le Comité ontarien des cultures fourragères pour les céréales de printemps et le mélange céréales-pois

	Kemptville		Elora		New Liskeard	
	kg/ha	lb/acre	kg/ha	lb/acre	kg/ha	lb/acre
Avoine	4 509	4 023	5 834	5 205	3 720	3 319
Avoine + pois	4 814	4 295	6 189	5 522	4 199	3 746
Triticale	5 007	4 467	5 017	4 476	2 280	2 034
Triticale + pois	4 486	4 002	4 125	3 670	2 627	2 344

Remarques

Moyenne établie à partir du nombre d'essais indiqué ci-après pour chaque culture : 5 pour l'avoine, 7 pour le mélange avoine-pois, 2 pour le triticale et 2 pour le mélange triticale-pois.

Récoltes effectuées après l'épiaison à Kemptville et Elora, et au début de l'épiaison à New Liskeard.

Au même stade de maturité, l'avoine, l'orge et le triticale ont une qualité fourragère similaire. Si la céréale est mélangée avec des pois des champs ou contre-ensemencée de luzerne, le triticale offre habituellement une teneur en protéines plus élevée et une moins grande concentration de FDN, étant donné qu'il exerce une moins grande concurrence que les autres céréales et que le fourrage récolté renferme alors davantage de pois ou de luzerne.

Les céréales fourragères récoltées au stade du gonflement ont une teneur en protéines plus élevée, et environ la même quantité d'énergie, que le maïs à ensilage. Comparativement au maïs à ensilage, quand on récolte les céréales fourragères au stade laiteux, elles renferment environ 10 % moins d'énergie (soit une teneur comparable à celle de la luzerne) et environ 4 % plus de protéines. On obtient une qualité optimale quand le fourrage récolté est au stade du gonflement, mais une teneur en énergie optimale par hectare quand il est récolté au stade pâteux mou (tableau 7-3).

Tableau 7-3. Rendement et qualité des céréales fourragères (moyenne de 2 ans à New Liskeard)

	Gonflement	Épiaison	Stade laiteux	Pâteux mou
Rendement du fourrage				
Avoine	4 298 kg/ha 3 827 lb/acre	5 389 kg/ha 4 808 lb/acre	6 424 kg/ha 5 731 lb/acre	8 504 kg/ha 7 587 lb/acre
Orge	4 319 kg/ha 3 853 lb/acre	5 664 kg/ha 5 053 lb/acre	6 878 kg/ha 6 136 lb/acre	7 676 kg/ha 6 848 lb/acre
Avoine + pois	3 541 kg/ha 3 159 lb/acre 14 % de pois ¹	4 689 kg/ha 4 183 lb/acre 15 % de pois	6 997 kg/ha 6 243 lb/acre 28 % de pois	7 270 kg/ha 6 486 lb/acre 35 % de pois
Orge + pois	3 532 kg/ha 3 151 lb/acre 24 % de pois	4 633 kg/ha 4 133 lb/acre 28 % de pois	5 925 kg/ha 5 286 lb/acre 38 % de pois	8 080 kg/ha 7 209 lb/acre 42 % de pois
Teneur du fourrage en protéines brutes (% de matière sèche)				
Avoine	16,4	13,5	10,1	8,4
Orge	16,6	13,3	10,0	6,9
Avoine + pois	18,2	15,4	12,2	10,3
Orge + pois	18,6	15,9	14,0	11,3
	Gonflement	Épiaison	Stade laiteux	Pâteux mou
Teneur du fourrage en FDA (% de matière sèche)				
Avoine	35,2	40,9	43,5	43,3
Orge	35,5	39,8	40,1	45,8
Avoine + pois	37,2	41,0	42,1	43,5
Orge + pois	36,4	38,9	38,7	42,5
Teneur du fourrage en FDN (% de matière sèche)				
Avoine	53,7	60,1	61,2	62,4
Orge	56,1	61,0	58,8	68,8
Avoine + pois	52,6	57,7	57,8	59,8
Orge + pois	53,3	57,5	54,3	60,3

¹ Pourcentage de pois dans le fourrage récolté.

Quand les céréales sont coupées tôt, il vaut mieux les conditionner et les faner avant de les ensiler. Les plants entiers de pois sont luxuriants, renferment souvent 5 % à 10 % plus d'humidité que les céréales à la récolte, ce qui peut exiger une demi-journée supplémentaire de séchage et accroître les risques de dommages par intempéries. Pour cette raison, les céréales sont rarement transformées en foin sec. Au fur et à mesure que la culture parvient à maturité, la teneur en eau de la culture sur pied décline. Au stade pâteux mou, la plante entière d'orge a une teneur en eau d'environ 60 %, tandis que les mélanges orge-pois ont une teneur en eau environ 8 % à 10 % plus élevée. Au même stade de maturité, l'avoine a tendance à avoir une teneur en eau plus élevée que l'orge. Pour certains systèmes de stockage qui commandent que les fourrages soient très humides (c. à-d. les silos-couloirs), la culture sur pied peut être trop sèche pour être ensilée convenablement si on la laisse au stade pâteux mou. D'autres pratiques concourent à une bonne qualité de fourrage : le hachage à la longueur recommandée, l'emballage complet de l'ensilage et le recouvrement des silos-couloirs sitôt après leur remplissage.

Avoine

Avena sativa

L'avoine n'a pas d'oreillettes, et tant les gaines foliaires que les limbes ne sont habituellement pas velus. Les ligules sont de longueur moyenne. L'avoine est la seule céréale dont les feuilles tournent dans le sens contraire des aiguilles d'une montre vues du dessus^[3].

L'avoine préfère les sols au pH de 5,0 à 6,5, mais peut tolérer un pH aussi faible que 4,5. Elle tolère mieux les sols saturés que l'orge. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 80 à 100 kg/ha (70 à 90 lb/acre). Comme culture-abri pour une culture fourragère vivace semée au printemps, il faut un taux de 30 à 40 kg/ha (26 à 35 lb/acre).

L'avoine est prête à être broutée six à huit semaines après le semis et peut être semée en tout temps, du printemps à l'automne. Un semis effectué tôt au printemps peut être coupé pour l'ensilage préfané, le regain servant de pâturage jusqu'à l'automne. L'avoine fourragère est souvent considérée comme la céréale qui possède la plus grande sapidité. Pour maximiser le rendement, il faut semer au début du printemps. Comme l'engrais azoté stimule la croissance végétative, le rendement et la teneur en protéines brutes, on suggère d'en épandre 55 kg/ha (50 lb/acre). En règle générale, l'avoine doit croître pendant 60 jours après la germination pour atteindre le stade de gonflement. Étant donné que la qualité du fourrage baisse rapidement après l'épiaison, on conseille de récolter au stade de gonflement ou au début de l'épiaison. Le rendement augmente à mesure que le plant approche de la maturité, mais sa qualité fourragère diminue énormément. En Ontario, l'avoine peut offrir un rendement de 2,5 à 4,5 tonnes de matière sèche/ha (2 230 à 4 000 lb de matière sèche/acre) lorsqu'elle est récoltée entre la fin du stade de gonflement et le début de l'épiaison, ou de 5,5 à 8,5 tonnes de matière sèche/ha (4 900 à 7 500 lb de matière sèche/acre) lorsqu'elle est récoltée entre l'épiaison et le stade pâteux mou.

La repousse des variétés d'avoine fourragère est généralement plus vigoureuse que celle des variétés d'avoine à grain. Il est important de choisir des variétés résistantes à la rouille. Par ailleurs, le nerprun est l'hôte intermédiaire de la rouille de l'avoine, et il faut l'éliminer du pourtour des champs dans la mesure du possible. Les productrices et producteurs du Sud de l'Ontario devraient envisager l'utilisation d'un fongicide pour lutter contre la rouille couronnée, sans quoi cette maladie pourrait entraîner une baisse de rendement pouvant atteindre 50 %. Pour de plus amples renseignements à ce sujet, voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures.

Orge

Hordeum vulgare

Aux stades végétatifs, l'orge se caractérise surtout par ses oreillettes longues, sans poils. Les ligules sont de longueur moyenne. Les gaines foliaires de l'orge et ses limbes sont habituellement glabres^[4].

L'orge préfère les sols frais et secs ayant un pH supérieur à 6,0. Pour un peuplement pur, il faut semer à raison de 80 à 100 kg/ha (70 à 90 lb/acre). Comme culture-abri pour une culture fourragère vivace semée au printemps, il faut un taux de 30 à 40 kg/ha (26 à 35 lb/acre).

L'orge talle plus que l'avoine et a un port moins dressé, ce qui lui permet d'exercer une plus forte concurrence contre les mauvaises herbes que celle-ci. Ses racines fasciculées sont moins vigoureuses que celles du seigle. Les variétés d'orge fourragère n'ont pas de barbes, ce qui les rend meilleures au goût pour le bétail durant les stades reproductifs du plant.

En Ontario, l'orge peut offrir un rendement de 2,5 à 5,5 tonnes de matière sèche/ha (2 230 à 4 900 lb de matière sèche/acre) lorsqu'elle est récoltée entre la fin du stade de gonflement et le début de l'épiaison, ou de 5,5 à 9,5 tonnes de matière sèche/ha (4 900 à 8 475 lb de matière sèche/acre) lorsqu'elle est récoltée entre l'épiaison et le stade pâteux mou.

Céréales d'automne

Après la récolte de nombreux types de cultures, notamment après le maïs à ensilage, on peut semer du seigle ou du triticale d'automne pour obtenir plus de fourrages. Si ces céréales sont semées à la fin de l'été ou à l'automne, elles peuvent être récoltées sous forme d'ensilage préfané de la mi-mai à la fin mai, ou être broutées à l'automne et au début du printemps. Une fois complètement détruites avec un traitement au glyphosate ou par le travail du sol, les céréales peuvent être suivies de cultures plus tardives comme le soya ou le sorgho-herbe du Soudan. Étant donné que la qualité nutritionnelle, la sapidité et la prise alimentaire diminuent très rapidement à l'épiaison,

la période de récolte est très restreinte. On conseille d'effectuer la récolte à la sortie de la feuille de l'épi ou au début du gonflement pour obtenir une qualité nutritionnelle élevée. Le seigle arrive à maturité environ 7 à 10 jours avant le triticale, ce qui permet de semer la culture suivante plus tôt. Il est recommandé d'épandre de l'azote à un taux de 55 kg/ha (50 lb/acre) au printemps lorsque la culture commence à verdifier pour accroître le rendement et la teneur en protéines brutes.

En Ontario, le seigle d'automne et le triticale d'automne peuvent offrir un rendement de 5,0 à 9,0 tonnes de matière sèche/ha (4 460 à 8 000 lb de matière sèche/acre) lorsqu'ils sont récoltés à la sortie de la feuille de l'épi ou au stade de gonflement en mai. S'ils sont broutés sept semaines après les semis ou tôt au printemps, les rendements peuvent être de 1,0 à 1,5 tonne de matière sèche/ha (900 à 1 300 lb de matière sèche/acre).

Seigle d'automne

Secale cereale

Le seigle d'automne a de très courtes oreillettes sans poils et de courtes ligules. Ses feuilles plates sont bleu-vert, mais les nouvelles feuilles sont habituellement enroulées dans le bourgeon. La gaine foliaire et le limbe peuvent être velus^[5]. Il ne faut pas confondre le seigle (*Secale cereale*) et le ray-grass (*Lolium multiflorum* ou *L. perenne*), qui sont des espèces de graminées entièrement distinctes aux caractéristiques très différentes.

Le seigle d'automne pousse bien dans les sols plus légers et à faible pH, mais ne se développe pas bien dans des sols plus lourds et mal drainés. Le seigle d'automne fourragère donne de meilleurs rendements que le blé d'automne, mais a une moins bonne sapidité. La maturation du seigle progresse rapidement à la sortie de la feuille de l'épi, au stade du gonflement et au début de l'épiaison, ce qui réduit considérablement sa qualité fourragère. Cela peut également restreindre beaucoup la période de récolte, surtout si la pluie retarde les travaux.

Le seigle d'automne s'établit facilement et peut être semé de la fin de l'été jusqu'à la fin de l'automne. Si l'on prévoit le récolter pour l'ensilage au mois de mai suivant, on doit semer le seigle d'automne en septembre, mais des semis plus tardifs peuvent donner de bons résultats en sol sableux. Les semis hâtifs donnent plus de temps pour le tallage, font augmenter le rendement du fourrage et favorisent des dates de récolte un peu plus hâtives pour les fourrages. La plante requiert un certain développement avant l'hiver pour avoir une bonne croissance au printemps et donner de bons rendements. Les semences de seigle sont relativement peu coûteuses. Sous de bonnes conditions, on peut semer le seigle d'automne à des taux de 110 kg/ha (100 lb/acre), mais les taux de semis peuvent aller jusqu'à 190 kg/ha (168 lb/acre) si les semis sont faits à la volée plutôt qu'avec le semoir à grains, ou si les semis sont faits tard en saison. Il convient de semer à 2,5 cm (1 po) de profondeur ou dans un sol humide.

Le seigle d'automne est surtout connu comme culture couvre-sol pour prévenir l'érosion et faciliter la lutte contre les mauvaises herbes. Le seigle est une plante qui tolère très bien le froid et, parmi les céréales d'automne, elle est la plus vigoureuse et celle qui résiste le mieux aux maladies. Le seigle d'automne possède un système racinaire fasciculé imposant qui capte l'azote du sol de manière très efficace et qui utilise l'humidité du début du printemps pour croître rapidement. Le seigle d'automne est plus précoce et pousse plus vite au printemps que les autres céréales d'automne, dont le blé, l'orge et le triticale, ce qui permet une récolte de fourrages plus hâtive et plus de possibilités de double récolte (autrement dit, la première culture est récoltée assez tôt dans la saison de croissance pour rendre possibles l'établissement, la croissance et la récolte d'une deuxième culture la même année).

Une teneur en eau du sol plus faible après la récolte du seigle fourrager risque de nuire au rendement de la culture subséquente. Il est donc important de détruire le seigle au moyen d'un traitement au glyphosate ou de travail du sol afin de réduire l'ombrage et toute concurrence pour l'eau.

Le seigle d'automne est un bon choix si on veut devancer la saison de pâturage tôt au printemps, mais il peut aussi servir à prolonger le pâturage tard l'automne. Il peut être brouté au début du printemps, et sa croissance est très rapide. Pour éviter que le seigle ne devienne trop mature, il faut se préparer à déplacer souvent le bétail en ayant recours à un système de pâturage par bande. Il n'est pas conseillé de faire brouter le seigle sur des sols argileux humides et lourds tard l'automne ou au début du printemps en raison des risques de piétinement et de compactage. Si on veut l'utiliser comme pâturage d'automne, il faut semer le seigle d'automne entre le 15 et le 30 août, au plus tard.

L'azote appliqué à des doses de 55 à 80 kg/ha (50 à 70 lb/acre) au printemps lorsque l'herbe commence à verdifier favorisera le tallage et fera augmenter le rendement du fourrage. Le seigle d'automne peut très bien servir de fourrage mis en réserve s'il est ensilé, que ce soit dans des silos-tours, des silos-couloirs, des silos-meules, des silos-boudins ou en balles. Le seigle d'automne coupé au stade de croissance souhaitable a beaucoup de difficulté à sécher suffisamment pour être transformé en foin sec.

Le moment de la coupe est déterminant. La qualité, la sapidité et la prise alimentaire diminuent très rapidement à l'épiaison (plus rapidement que pour d'autres céréales). La période optimale de récolte est donc très restreinte. Il est conseillé de récolter le seigle fourrager au stade de la sortie de la feuille de l'épi ou au début du stade du gonflement pour obtenir une meilleure qualité nutritionnelle. Le début du stade du gonflement se produit normalement entre le 10 et le 20 mai dans le Sud de l'Ontario. À ce stade, il est possible d'obtenir un rendement en matière sèche de 4,9 tonnes/ha (4 446 lb/acre) ou plus sous de bonnes conditions.

Toutefois, il peut y avoir une très grande variation dans la qualité du fourrage avec seulement quelques jours de différence dans la récolte. Au début du stade de gonflement (stade 39 sur l'échelle de Zadoks – la ligule de la dernière feuille

est à peine visible), la teneur en protéines brutes peut atteindre 18 % (tout dépendant de la quantité d'engrais azoté apportée), et la teneur en FDN, moins de 50 %.

Au stade d'épiaison (stade 55 sur l'échelle de Zadoks), la teneur en protéines brutes baisse, passant à une fourchette de 13 % à 14 %, alors que la teneur en FDN augmente, passant à plus de 60 %. Ce fourrage peut convenir aux vaches de boucherie, aux génisses et aux vaches taries, mais n'aura pas les qualités nécessaires pour les vaches ou les brebis laitières. Quand le seigle est récolté plus tard, au début du stade pâteux mou, le rendement peut avoisiner les 7,4 t/ha (6 600 lb/acre), mais la qualité, la sapidité et la prise alimentaire seront nettement inférieures. Le fait de retarder la récolte de seigle fourrager après le stade de gonflement parce qu'il y a d'autres travaux dans les champs ou à cause de mauvaises conditions météorologiques peut donner lieu à un fourrage de faible qualité.

Le seigle est connu pour présenter parfois un effet dit « allélopathique » qui inhibe la germination et la croissance des mauvaises herbes et d'autres cultures. Comme une grande partie des résidus est enlevée, le risque d'allélopathie reste faible dans la plupart des cas où le seigle est cultivé comme céréale fourragère. Il pourrait y avoir des exceptions dans les champs de maïs en semis directs dans un sol lourd.

Triticale d'automne

× *Triticosecale*

Selon Tom Kilcer de l'État de New York, le triticales d'automne, un croisement entre le seigle et le blé, est préférable au seigle et au blé d'automne comme céréale fourragère à la fois pour le rendement et la qualité. Ses recherches montrent que le triticales d'automne récolté à la sortie de la feuille de l'épi (plutôt qu'au stade du gonflement) peut être un fourrage de grande qualité pour les vaches laitières.

Le triticales possède des oreillettes arrondies et velues ainsi qu'une ligule de longueur moyenne. Les gaines foliaires et les limbes sont toujours velus. Il est très difficile de différencier le triticales

et le blé aux stades végétatifs. Les semences du triticales sont plus foncées que celle du blé et sont oblongues plutôt qu'ovales. En déterrants les plantules pour trouver les semences, on peut identifier les jeunes plants⁶¹.

On peut cultiver le triticales dans différents types de sol, mais à l'instar du seigle d'automne, il ne convient pas aux sols mal drainés (p. ex. les sols argileux lourds). Il faut semer assez tôt à l'automne pour laisser le temps à la culture de s'établir. La date de semis varie selon l'endroit. Voir la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, pour connaître les dates de semis recommandées pour le blé d'automne. Il faut semer le triticales d'automne à un taux de 100 à 125 kg/ha (90 à 113 lb/acre). Au printemps, au moment où le triticales commence à verdier, on conseille d'épandre 80 kg/ha (72 lb/acre) d'azote. Il convient de semer à 2,5 cm (1 po) de profondeur ou dans un sol humide.

Le triticales tolère mieux la sécheresse que le blé ou l'avoine. Il convient à différents types de sols, mais préfère les sols légers et bien drainés, c'est-à-dire les sols sableux, le sable loameux, le loam sableux et les sols graveleux.

Il peut être difficile de se procurer de la semence de triticales d'automne, et elle coûte plus cher que celle du seigle. La récolte de triticales se fait un peu plus tard que celle du seigle au même stade de maturité, ce qui peut retarder les semis des cultures subséquentes. Bien que le triticales semble avoir un bon potentiel comme culture fourragère en Ontario, les agricultrices et agriculteurs qui s'y intéressent auraient peut-être avantage à essayer du seigle aussi pour comparer les deux cultures dans leur exploitation.

Ray-grass annuel

Lolium multiflorum

Le ray-grass est une graminée en touffe à croissance rapide qui pousse particulièrement bien dans les sols frais et humides, et qui donne de mauvais résultats par temps chaud et sec. Il a une qualité nutritionnelle plus élevée que les autres graminées

de saison fraîche, au même niveau de maturité. Les feuilles cireuses du ray-grass le rendent difficile à sécher pour la production de foin. Il convient donc mieux à l'ensilage, à l'ensilage en balles ou au pâturage.

Le ray-grass d'Italie est une plante feuillue de petite taille, mesurant au plus 40 cm (16 po). Les feuilles sont lustrées, vert foncé et sans poils. Les feuilles du ray-grass d'Italie sont généralement plus larges que celles du ray-grass vivace; les nouvelles feuilles sont souvent roulées dans le bourgeon, alors que celles du ray-grass vivace sont pliées. Les semences du ray-grass d'Italie possèdent des barbes, contrairement à celles du ray-grass vivace. Les oreillettes du ray-grass d'Italie sont longues et embrassantes (figure 7-6). La base des chaumes est souvent rouge. Il ne faut pas confondre le seigle (*Secale cereale*) et le ray-grass (*Lolium multiflorum* ou *L. perenne*), qui sont des espèces de graminées entièrement distinctes aux caractéristiques très différentes.



Figure 7-6. Collet du ray-grass d'Italie. Les ligules sont longues et embrassantes.

Même si le ray-grass d'Italie est considéré comme une plante annuelle en Ontario, il peut parfois survivre à l'hiver. Comme les céréales d'automne, il a besoin de vernalisation, c'est-à-dire une exposition au froid, pour fleurir. L'année des semis, il demeure végétatif et ne produit pas de tige

porte-graines, mais il donne un feuillage fourni qui constitue un fourrage de qualité exceptionnelle. S'il survit à l'hiver, il produit une tige porte-graines l'année suivante; il est donc important de le récolter au bon moment pour garantir la qualité du fourrage. Le ray-grass d'Italie s'appelle ainsi du fait qu'il est plus vulnérable à la destruction par l'hiver que les céréales d'automne. En effet, les anciennes variétés étaient systématiquement détruites par l'hiver en Ontario. Les sélectionneuses et sélectionneurs de plantes européens ont réussi à accroître la résistance à l'hiver du ray-grass d'Italie pour qu'il puisse servir de culture fourragère.

Les variétés de ray-grass annuels de type Westerwold (*Lolium multiflorum* ssp. *westerwoldicum*) n'ont pas besoin de vernalisation. Le ray-grass de type Westerwold vient plus haut (40 à 80 cm (16 à 32 po)), possède plus de tiges et épiera si on le laisse parvenir à maturité. Il faut donc faire brouter ce type de ray-grass ou le couper avant l'épiaison pour maintenir une productivité élevée et une bonne qualité fourragère.

Le ray-grass d'Italie tolère mieux l'eau stagnante que le ray-grass vivace. Il pousse mieux dans les sols moyens ou lourds et a besoin d'une forte teneur en eau et en éléments nutritifs. Il tolère les sols dont le pH est supérieur à 5,5.

Il faut semer le ray-grass d'Italie à un taux de 20 à 25 kg/ha (18 à 22 lb/acre). Puisque la grande vitesse de croissance et le rendement élevé de ce fourrage réclament un sol bien fertile, il faut recourir à une analyse de sol pour déterminer les besoins en phosphore et en potassium, et épandre des doses élevées d'azote par fractionnement (au moins trois épandages). Comme le ray-grass d'Italie produit plusieurs récoltes, les productrices et producteurs doivent suivre les recommandations propres à la fertilisation des cultures fourragères vivaces de saison fraîche. Le semis doit être fait de 5 à 12,5 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ po) de profondeur.

Le ray-grass d'Italie peut être semé au printemps ou en août. Malgré les risques de destruction par l'hiver, le ray-grass d'Italie semé en août peut être récolté à la fin de l'automne et donner du

fourrage en début de saison, le printemps suivant. On peut faire une coupe au mois de mai, puis ensemer le champ avec du maïs à ensilage, du soya, des haricots comestibles ou du sorgho-herbe du Soudan. On peut aussi effectuer des coupes toutes les quatre semaines, jusqu'à ce que la culture ne soit plus productive. Lorsque le ray-grass d'Italie est récolté correctement, sa teneur en FDN digestibles, sa sapidité et sa prise alimentaire sont particulièrement élevées. On peut donc le donner aux vaches laitières très productives pour augmenter la part de fourrage de leur ration alimentaire.

Pour un maximum de rendement et de qualité, le ray-grass d'Italie exige une gestion impeccable. Les rendements varient de 8 à 12 tonnes de matière sèche/ha (7 140 à 10 700 lb de matière sèche/acre) s'il y a suffisamment de pluie (tableau 7-4). Ce besoin d'un apport d'eau constant limite toutefois son utilisation en Ontario. Son système racinaire peu profond l'empêche d'avoir accès aux réserves d'eau dans le sol; donc, lorsque la pluie se fait rare ou inexistante pendant certaines périodes, les plants cessent leur croissance et risquent de mourir.

Tableau 7-4. Rendement en matière sèche de la première coupe et de l'ensemble des coupes du cultivar « Marshall » de ray-grass de type Westerwold

Endroit	1993		1994		1995		Moyenne	
	1 ^{re} coupe	Total	1 ^{re} coupe	Total	1 ^{re} coupe	Total	1 ^{re} coupe	Total
New Liskeard	3 604 kg/ha 3 215 lb/acre	11 089 kg/ha 9 893 lb/acre	3 141 kg/ha 2 802 lb/acre	12 051 kg/ha 10 752 lb/acre	3 326 kg/ha 2 967 lb/acre	6 694 kg/ha 5 972 lb/acre	3 357 kg/ha 2 995 lb/acre	10 045 kg/ha 8 962 lb/acre
Verner	–	–	2 793 kg/ha 2 492 lb/acre	8 800 kg/ha 7 851 lb/acre	4 661 kg/ha 4 158 lb/acre	5 889 kg/ha 5 254 lb/acre	3 727 kg/ha 3 325 lb/acre	7 345 kg/ha 6 553 lb/acre
Kemptville	–	–	2 869 kg/ha 2 560 lb/acre	7 331 kg/ha 6 541 lb/acre	6 229 kg/ha 5 557 lb/acre	6 229 kg/ha 5 557 lb/acre	4 549 kg/ha 4 059 lb/acre	6 814 kg/ha 6 079 lb/acre

Remarques : Semé à un taux de 20 kg/ha (18 lb/acre). Trois coupes annuelles ont été effectuées à New Liskeard et deux à Verner et à Kemptville, sauf en 1995 à Kemptville. La première coupe a été faite de 55 à 60 jours après les semis, une fois les épis entièrement sortis. La récolte suivante a été faite de 30 à 40 jours plus tard.

Source : Johnston et Bowman, 1998.

Plantes herbacées non graminoides autres que les légumineuses

Brassicacées

Les brassicacées fourragères peuvent donner de bons pâturages de septembre à décembre. Le colza, le chou et le navet fourragers sont les principales espèces de brassicacées qui servent au pâturage. Les brassicacées ne conviennent pas à la production de foin, à l'ensilage en balles ni à l'ensilage.

MISE EN GARDE

Les chevaux ne doivent pas consommer de brassicacées.



Il faut semer les brassicacées dans des champs bien drainés ayant un pH d'au moins 6 et une fertilisation convenable, en fonction des recommandations faites à la suite des analyses de sol. Voir le chapitre 6, *Canola de printemps et d'automne*, de la publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, pour en savoir plus sur le canola et le colza fourrager. Il existe peu de recommandations propres à la fertilisation en

phosphore et en potassium pour d'autres cultures fourragères de brassicacées en Ontario. Les teneurs en phosphore et en potassium doivent correspondre à celles recommandées dans l'analyse de sol (de 12 à 18 ppm de phosphore et de 100 à 130 ppm de potassium). Si les teneurs sont inférieures aux valeurs cibles, il faut incorporer ces éléments nutritifs dans le sol avant le semis en utilisant des doses qui comblent le vide laissé par ce que prélève la culture tout en améliorant les teneurs au fil du temps. Les besoins en azote varient selon le type de brassicacée fourragère. Chacune des descriptions de cultures ci-après est donc accompagnée de recommandations à ce sujet. Les brassicacées ont des besoins en soufre supérieurs à ceux de la plupart des autres grandes cultures. Le soufre est un composant important des protéines. On recommande actuellement d'appliquer jusqu'à 18 kg/ha (20 lb/acre) de soufre pour éviter une carence.

Les sols mal drainés ne sont pas favorables aux cultures, ce qui se traduit par d'importantes pertes de broutage. Comme les espèces ont toutes une petite semence, leur rendement est optimal

lorsqu'on sème en rangs avec un semoir de précision à une profondeur de 1,5 cm ($\frac{3}{8}$ po) tout au plus. On peut aussi établir de bons peuplements en effectuant un semis à la volée.

Toutes les espèces se sèment l'été. Les dates de semis sont importantes, un retard par rapport aux dates recommandées entraînant d'importantes baisses de rendement. Les plants germeront, mais ne pousseront pas beaucoup si le temps est chaud et sec. Une fois que les températures diurnes et nocturnes diminuent et que la pluie augmente, les plants se mettent à pousser rapidement.

Croissance de la culture

La croissance des brassicacées dépend du nombre de degrés-jours de croissance (température de base de 0 °C aux fins du calcul des DJC) et de l'ensoleillement (tableau 7-5). Les brassicacées poussent mieux à des températures situées allant de 10 à 30 °C, particulièrement de 18 à 25 °C. La plupart des brassicacées fourragères sont des espèces bisannuelles ou d'automne et ne grèneront pas durant l'année d'établissement.

Tableau 7-5. Stades de croissance des brassicacées

Stade de croissance (code décimal)	Description	
0 à 1,0	Levée	
1,0	Ouverture des cotylédons	
1,1 à 1,2	Stade de 1 à 2 feuilles	Stade de la rosette
1,4 à 1,6	Stade de 4 à 6 feuilles	
2,0 à 2,2	Montaison – Allongement de l'entre-nœud	
3,0 à 3,9	Formation des bourgeons	
4,0 à 4,9	Floraison – 20 % des bourgeons du racème principal sont en fleur ou ont déjà fleuri	
5,1 à 5,9	Formation des gousses	
6,0 à 7,9	Formation des graines	
8,1 à 8,4	Mûrissement et maturité ¹	

¹ Au début de la maturation des graines, lorsque 10 % d'entre elles changent de couleur.

Remarque : Les chiffres décimaux indiquent le nombre de feuilles.

Source : Publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*.

Chou fourrager

Brassica oleracea

Le chou fourrager est une plante bisannuelle qui a été sélectionnée pour la production de feuilles. Cette plante à port dressé de petite taille (75 cm à 1,5 m (30 à 60 po)) possède des feuilles et des tiges très digestibles. Elle résiste bien au froid et continue de procurer du fourrage même après la neige. Sa teneur en protéines brutes (à l'état sec) varie de 19 % en septembre à 15 % à la fin de l'automne.

Le chou fourrager pousse bien dans les sols allant de légèrement loameux à argileux. Une bonne fertilisation et un drainage adéquat sont essentiels. Un sol alcalin est également préférable. Un sol mal drainé entraîne le rabougrissement et le jaunissement des plants. Si le chou fourrager peut résister à des températures plus élevées que le colza, il préfère des conditions relativement fraîches et humides.

Le chou fourrager devrait succéder à un bon gazon de légumineuses dans la rotation. Dans une rotation de cultures, il tient la place d'une culture en rangs. Le chou fourrager doit être semé plus tôt que le colza. Il pousse lentement après le semis et ne fait pas concurrence aux mauvaises herbes. Il est donc important de semer le chou fourrager dans des champs où les mauvaises herbes posent peu problème. Un lit de semence ferme et à texture fine est essentiel pour favoriser l'établissement. On conseille d'effectuer un tassage ou un roulage après le semis.

Il faut semer le chou fourrager tôt en juin. On obtient un maximum de rendement quand on le sème en rangs espacés de 15 à 70 cm (6 à 28 po) à une densité de 2 à 4 kg/ha (2 à 4 lb/acre). Il ne faut pas enfouir la semence à plus de 1,5 cm dans le sol ($\frac{3}{8}$ po). On peut faire un semis à la volée à un taux plus élevé de 6 kg/ha (6 lb/acre). Le chou fourrager a besoin d'environ 80 à 120 kg/ha (70 à 110 lb/acre) d'azote et pousse bien si l'on utilise du fumier. Un épandage d'azote fractionné est préférable : la moitié au moment des semis et l'autre trois semaines après.

Le chou fourrager peut être brouté de 10 à 15 semaines après les semis. S'il est semé au 1^{er} juin, il est prêt à être brouté à la mi-août. Il faut donc prévoir de semer tôt pour obtenir une culture prête à brouter en août et septembre. En Ontario, le chou fourrager a un potentiel de rendement de 9,0 à 12,0 tonnes de matière sèche/ha (8 000 à 10 000 lb de matière sèche/acre).

Bien que le chou fourrager ne cause pas autant de ballonnements que le colza, la prudence est de mise. Voir la section *Autres problèmes liés aux cultures de brassicacées* ci-après.

Canola et colza fourrager

Brassica napus, Brassica rapa

MISE EN GARDE

Il ne faut pas confondre le colza oléagineux, d'une part, et le canola ou le colza fourrager, d'autre part. Le colza oléagineux est une brassicacée sélectionnée pour la production d'huile, qui était utilisée à l'origine comme combustible, puis pour la lubrification industrielle. Les grandes quantités de glucosinolates et d'acide érucique rendent l'huile et la farine de colza impropres à la consommation humaine et animale en raison de leur potentiel toxique.



Le canola désigne des variétés de colza oléagineux qui ont été sélectionnées pour obtenir des plants faibles en glucosinolates et en acide érucique. Comme le canola ne contient qu'une faible quantité de ces toxines, il peut être utilisé comme culture fourragère. Le canola annuel (« de printemps ») et le canola bisannuel (« d'automne ») sont deux variétés différentes. Les feuilles du haut sont cireuses, bleu-vert foncé et ont des lobes peu profonds (figure 7-7).



Figure 7-7. Canola.

Le colza fourrager est une culture bisannuelle qui doit subir une vernalisation avant de grener. Ses feuilles sont vert foncé. Deux grands types de colza fourrager servent au pâturage. Les types dits à feuilles larges ou géants, qui sont feuillus et poussent en hauteur, conviennent surtout aux pâturages destinés aux bovins et aux moutons. Les types dits nains, qui sont plus courts et plus ramifiés, servent surtout à engraisser les agneaux. Le colza n'est pas recommandé pour le pâturage destiné à la production de lait puisqu'il peut modifier son goût. Le colza pousse plus rapidement et peut fournir du fourrage plus tôt que le chou fourrager.

Le colza est adapté aux sols fertiles et bien drainés. Dans les sols peu fertiles ou mal drainés, les plants peuvent être courts et rabougris. Il donne de meilleurs résultats lorsqu'il est semé après un gazon de légumineuses ou sur un terrain où les mauvaises herbes empêchent la culture de céréales de printemps. Dans le dernier cas, le terrain peut être en jachère d'été jusqu'au début de juillet, puis ensemencé de colza. On peut aussi semer le colza sur un terrain qui a été labouré et travaillé aussitôt après une culture précoce déjà broutée ou coupée. Dans tous les cas, un sarclage complet avant l'ensemencement est essentiel et aide à éliminer les mauvaises herbes. Comme les cultures de foin et de pâturage, les peuplements de colza ont besoin d'un lit de semence ferme et à texture fine pour bien s'établir.

Pour un pâturage d'automne, il faut semer le colza fourrager au début de juillet. Pour optimiser l'utilisation d'une culture de colza, il est préférable de le semer en rangs plutôt qu'à la volée; le semis en rangs donne de meilleurs rendements et produit beaucoup moins de gaspillage. Pour un rendement maximal, il convient de semer le colza à raison de 6 à 8 kg/ha (5 à 7 lb/acre). On peut aussi le semer à la volée à un taux de 10 kg/ha (9 lb/acre), mais le rendement sera moindre. On conseille d'effectuer un tassage ou un roulage après le semis.

Le colza a besoin de 80 à 100 kg/ha (72 à 90 lb/acre) d'azote. Un épandage d'azote fractionné est préférable : la moitié au moment des semis et l'autre trois semaines après. Le colza absorbe énormément d'azote et de phosphore, et répond bien à la fertilisation, particulièrement avec du fumier.

Le colza peut être brouté de 10 à 12 semaines après les semis. En Ontario, le colza fourrager a un potentiel de rendement de 7,0 à 9,0 tonnes de matière sèche/ha (6 000 à 8 000 lb de matière sèche/acre).

MISE EN GARDE

Les ballonnements et les empoisonnements causés par le colza peuvent entraîner d'importantes pertes de bétail. Une gestion adéquate du broutage permet de prévenir les ballonnements.

Le colza peut provoquer des empoisonnements si on le donne à brouter aux animaux lorsque les plants sont rabougris, courts et de couleur pourpre. Une telle situation se produit lorsque le colza pousse dans des conditions humides, sur des sols mal drainés ou en l'absence d'un engrais approprié. Voir la section *Autres problèmes liés aux cultures de brassicacées* ci-après.



Navet, rutabaga, chou-navet fourragers

Brassica rapa, *Brassica napus*,
Brassica napobrassica

Le navet fourrager, également appelé navet blanc, produit une masse dense de feuillage buissonnant et de grosses racines blanches (figure 7-8). Les animaux commencent par brouter la partie aérienne des navets puis reviennent brouter une deuxième fois pour se nourrir des racines. Les racines sortent suffisamment de terre pour que les animaux puissent les atteindre facilement. Le pâturage par bande est recommandé pour tirer le meilleur parti de cette culture. Il convient de semer le navet comme le colza et de le fertiliser en azote à raison de 80 à 100 kg/ha (70 à 90 lb/acre). Bien que les animaux puissent utiliser à la fois les racines et les parties aériennes, les navets donnent quand même un rendement inférieur à celui du colza ou du chou fourrager. En Ontario, le navet fourrager a un potentiel de rendement de 6,0 à 9,0 tonnes de matière sèche/ha (5 000 à 8 000 lb de matière sèche/acre).



Figure 7-8. Navet fourrager.

On peut semer le navet de la mi-juin à la mi-juillet à une densité de 2 à 6 kg/ha (2 à 5,5 lb/acre). Le navet peut être brouté de 10 à 12 semaines après les semis. Un épandage de bore sur les cultures de navets fourragers destinés à être mis en réserve peut s'imposer pour éviter un cœur aqueux ou un cœur brun dû à une carence en bore. L'intérieur des navets touchés devient mou et présente une décoloration brune qui devient un point d'entrée pour d'autres maladies et pourritures pendant l'entreposage.

Autres problèmes liés aux cultures de brassicacées

La rotation des cultures est un excellent moyen de réduire la progression des maladies et infestations d'insectes. On recommande des rotations de trois ou quatre ans entre les cultures de brassicacées (y compris le canola destiné à la production d'huile et les légumes de la famille des brassicacées).

Les brassicacées fourragères peuvent causer des ballonnements chez le bétail. Le pâturage par bande des brassicacées permet de contrôler le gaspillage. La teneur en eau des brassicacées est élevée, allant généralement de 85 % à 89 %. Pour assurer aux animaux un apport suffisant en fibres, on conseille de leur donner du foin ou un accès à des pâturages permanents de graminées et de légumineuses. Avant d'accéder librement à un pâturage de brassicacées, le bétail doit déjà s'être nourri à satiété. Le risque de ballonnement chez le bétail est accru lorsqu'il broute des brassicacées et d'autres cultures en rotation. Il importe également de fournir au bétail qui broute des brassicacées un fourrage à forte teneur en fibres en lui donnant accès à des pâturages à proximité, à un foin de regain, à de la paille ou à un foin de moindre qualité sur un râtelier placé dans le champ de brassicacées. Rares sont les animaux qui se gaveront de brassicacées, et par conséquent auront des ballonnements, lorsqu'ils ont un choix de fourrage.

En plus de causer des ballonnements et des intoxications aux nitrates, les brassicacées peuvent aussi occasionner une intoxication au colza fourrager, de l'anémie, un goitre, une insolation du colza et la cécité du colza.

Intoxication au colza fourrager

L'intoxication au colza fourrager peut survenir si les animaux broutent des plants de colza ou de canola rabougris, de couleur pourpre. Une telle situation se produit lorsque le colza pousse dans des conditions humides ou sur des sols pauvres en phosphate et qu'il a gelé. Les animaux atteints ont une respiration haletante et souffrent de troubles digestifs. **La mort peut s'ensuivre.** Si les animaux se rétablissent, ils demeurent souvent chétifs.

Anémie

Les brassicacées ont un facteur hémolytique qui peut causer de l'anémie chez les animaux qui les broutent. Les bovins y sont plus sensibles que les moutons. L'anémie ne se développe qu'après au moins une semaine de broutage de brassicacées, mais le plus souvent après trois semaines. Dans les cas très graves, il y a présence d'hémoglobine dans l'urine, laquelle devient rouge. Les concentrations du facteur hémolytique chez les brassicacées augmentent à mesure que les plants mûrissent.

Goitre

Toutes les brassicacées contiennent des substances goitrogènes. Ces substances nuisent à l'absorption de l'iode par la glande thyroïde, et le goitre se manifeste. Cette maladie peut toucher tous les animaux qui broutent des brassicacées, mais elle est plus grave chez les moutons. Les brassicacées ne doivent pas être broutées durant la période de mise à la reproduction ni à la fin de la gestation des brebis, car elles pourraient entraîner la naissance d'agneaux mort-nés ou difformes.

Insolation du colza

Les moutons à face blanche qui broutent des brassicacées en août et en septembre peuvent souffrir d'« insolation du colza ». Leur peau, trop pâle, devient sensible aux coups de soleil et leur tête peut enfler.

Cécité du colza

La « cécité du colza » est l'apparition soudaine de cécité chez les bovins et les moutons broutant du colza. Les animaux recouvrent une vue normale quelques semaines après avoir changé de régime.

Betterave fourragère et à sucre*Beta vulgaris*

La betterave fourragère est une sous-espèce apparentée à la betterave potagère et à sucre. Cette plante bisannuelle est cultivée comme une annuelle. Elle peut remplacer les brassicacées dans la rotation des cultures. La betterave fourragère peut contenir jusqu'à 20 % de sucre et constitue une excellente source d'énergie, mais sa teneur en protéines et en minéraux est faible.

Bien que la betterave puisse être ensilée avec le maïs dans un ratio de 5:1, peu d'exploitations agricoles en Ontario ont le matériel d'arrachage nécessaire pour la récolter. C'est pourquoi elle est généralement cultivée pour le broutage. Les variétés ayant une faible teneur en matière sèche ont souvent une racine qui sort de terre et qui les rend mieux adaptées au broutage. Toutes les variétés ayant une teneur en matière sèche de moins de 13 % sont considérées comme des betteraves fourragères.

La betterave à sucre a une teneur en sucre et en matière sèche plus élevée que la betterave fourragère, ce qui facilite son ensilage. La paille hachée, le foin ou les tiges de maïs peuvent être utilisés pour abaisser la teneur en eau afin de prévenir le suintement et de favoriser une fermentation efficace. En règle générale, la teneur en eau de la betterave à sucre est de 80 %, ce qui dépasse largement le taux visé pour l'ensilage (figure 7-9).

MISE EN GARDE

Il ne faut pas laisser les animaux brouter des brassicacées pendant plus de six à huit semaines consécutives afin de réduire le risque de problèmes de santé.





Figure 7-9. La betterave à sucre peut être cultivée pour le fourrage, mais sa racine ne sort pas autant de terre que celle des variétés de betteraves fourragères.

La betterave pousse mieux dans les sols bien drainés. La betterave fourragère ne tolère pas les sols dont le pH est inférieur à 5,5. Le pH idéal se situe entre 6,5 et 7,2. Il convient de semer la betterave tôt, une fois que la température du sol dépasse 4 °C; elle germera à 4,5 °C. La densité de peuplement visée est de 75 000 à 80 000 betteraves/ha (30 300 à 32 400 betteraves/acre); le taux de germination de la betterave à sucre en Ontario est de 60 %. Il faut donc semer à raison de 125 000 à 133 000 semences/ha (50 600 à 53 800 semences/acre), à une profondeur de 2 à 2,5 cm (¾ à 1 po). Les semences sont très sensibles aux dommages causés par le sel. On conseille donc d'éviter de les mélanger à de l'engrais au moment du semis. La betterave fourragère est généralement semée à l'aide d'un semoir. En Ontario, on utilise des plateaux perforés pour semer la betterave potagère. Selon Fulkerson (1983), les rendements supérieurs totaux obtenus la deuxième année de ses essais de culture de betteraves fourragères étaient attribuables au rapprochement des rangs^[7]. Les betteraves qui seront arrachées doivent donc être semées en rangs espacés de 53 cm (21 po) (tableau 7-6).

Tableau 7-6. Rendement en matière sèche de variétés de betterave fourragère à Elora (Ontario)

Variété	Racines		Feuilles		Total	
	1981	1982	1981	1982	1981	1982
Monobamba	7 948 kg/ha 7 091 lb/acre	14 875 kg/ha 13 271 lb/acre	5 779 kg/ha 5 156 lb/acre	3 748 kg/ha 3 344 lb/acre	14 191 kg/ha 12 661 lb/acre	18 612 kg/ha 16 605 lb/acre
Triumpf	8 595 kg/ha 7 668 lb/acre	15 338 kg/ha 13 684 lb/acre	4 983 kg/ha 4 446 lb/acre	2 727 kg/ha 2 433 lb/acre	13 971 kg/ha 12 465 lb/acre	18 065 kg/ha 16 117 lb/acre
Monoblanc	7 869 kg/ha 7 021 lb/acre	16 638 kg/ha 14 844 lb/acre	5 611 kg/ha 5 006 lb/acre	4 337 kg/ha 3 869 lb/acre	14 087 kg/ha 12 567 lb/acre	20 974 kg/ha 18 713 lb/acre
Brigadier	6 893 kg/ha 6 150 lb/acre	14,064 kg/ha 12,548 lb/acre	14 064 kg/ha 12 548 lb/acre	2 934 kg/ha 2 618 lb/acre	10 876 kg/ha 9 703 lb/acre	16 999 kg/ha 15 166 lb/acre
Barres	11 593 kg/ha 10 343 lb/acre	14 669 kg/ha 13 087 lb/acre	4 142 kg/ha 3 695 lb/acre	3 256 kg/ha 2 905 lb/acre	15 154 kg/ha 13 520 lb/acre	17 925 kg/ha 15 992 lb/acre

Remarques : 15 mai 1981 : semis en rangs espacés de 71 cm (28 po). 15 mai 1982 : semis en rangs espacés de 53 cm (21 po).

Source : R.S. Fulkerson, 1983^[8].

Les besoins en engrais de la betterave sont élevés. Il faut épandre de 120 à 150 kg/ha (110 à 130 lb/acre) d'azote lorsqu'on cultive la betterave après le maïs ou le blé, et de 100 à 130 kg/ha (90 à 115 lb/acre) d'azote après d'autres cultures autres que des légumineuses dans une rotation. Il convient également d'ajuster l'apport en azote après une culture de légumineuses ou un épandage de fumier. Pour la production de betteraves fourragères,

on conseille d'effectuer une analyse de sol et de suivre les recommandations en matière de phosphore et de potassium s'appliquant à la betterave à sucre (tableau 7-7). Des travaux de recherche effectués en Ontario sur des variétés de betterave potagère et à sucre montrent que la betterave a une réaction élevée à un apport de manganèse et de fer, modérément élevée à un apport de bore, de cuivre et de molybdène, et modérée à un apport de zinc.

Tableau 7-7. Recommandations sur la fertilisation de la betterave à sucre en Ontario

Légende : RÉ = réaction élevée RM = réaction moyenne RF = réaction faible
RTF = réaction très faible RN = réaction nulle

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium	Quantité de phosphate à appliquer	Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium	Quantité de potasse à appliquer
0 à 3 ppm	150 kg/ha (RÉ)	0 à 15 ppm	180 kg/ha (RÉ)
4 à 7 ppm	140 kg/ha (RÉ)	16 à 30 ppm	170 kg/ha (RÉ)
8 à 9 ppm	130 kg/ha (RÉ)	31 à 45 ppm	160 kg/ha (RÉ)
10 à 12 ppm	130 kg/ha (RM)	45 à 60 ppm	140 kg/ha (RÉ)
13 à 15 ppm	120 kg/ha (RM)	61 à 80 ppm	120 kg/ha (RÉ)
16 à 20 ppm	100 kg/ha (RF)	81 à 100 ppm	90 kg/ha (RM)
21 à 25 ppm	90 kg/ha (RF)	101 à 120 ppm	70 kg/ha (RM)
26 à 30 ppm	70 kg/ha (RTF)	121 à 150 ppm	20 kg/ha (RM)
31 à 40 ppm	50 kg/ha (RTF)	151 à 180 ppm	0 kg/ha (RF)
41 à 50 ppm	30 kg/ha (RTF)	181 à 210 ppm	0 kg/ha (RF)
51 à 80 ppm	0 kg/ha (RTF)	211 à 250 ppm	0 kg/ha (RTF)
80 ppm et plus	0 kg/ha (RN)	250 ppm et plus	0 kg/ha (RN)

Source : Publication 363F du MAAARO, *Recommandations pour les cultures légumières*.

La lutte contre les mauvaises herbes est très importante, puisque les jeunes plants de betterave n'exercent pas une forte concurrence^[9]. Toutefois, les herbicides peuvent gravement endommager la betterave; il faut donc planifier la rotation des cultures avec soin. La betterave fourragère est prête à être broutée à l'automne. On recommande le pâturage par bande.

L'acidose du rumen est le problème de santé animale le plus courant causé par le broutage de la betterave fourragère. Un processus de transition vers la betterave est essentiel pour éviter une acidose aiguë du rumen et une aversion acquise envers un fourrage (causée par une acidose subclinique). Communiquez avec la ou le spécialiste des animaux de pâturage du MAAARO pour obtenir des renseignements sur les lots de pâturage et l'accès pour les animaux de pâturage pour effectuer une transition vers la betterave.

Références

1. CLARK, A. *Managing Cover Crops Profitably*, 3^e éd., College Park, Maryland, États Unis, programme Sustainable Agriculture Research and Education, Université du Maryland, 2012.
2. CLARK, A. *Managing Cover Crops Profitably*, 3^e éd., College Park, Maryland, États Unis, programme Sustainable Agriculture Research and Education, Université du Maryland, 2012.
3. AGRICULTURE VICTORIA. *Identification of Cereal Seedlings*, 1 rue Spring, Melbourne, Victoria, Australie, département de l'Environnement et des Industries primaires, juillet 2012.
4. AGRICULTURE VICTORIA. *Identification of Cereal Seedlings*, 1 rue Spring, Melbourne, Victoria, Australie, département de l'Environnement et des Industries primaires, juillet 2012.
5. AGRICULTURE VICTORIA. *Identification of Cereal Seedlings*, 1 rue Spring, Melbourne, Victoria, Australie, département de l'Environnement et des Industries primaires, juillet 2012.
6. AGRICULTURE VICTORIA. *Identification of Cereal Seedlings*, 1 rue Spring, Melbourne, Victoria, Australie, département de l'Environnement et des Industries primaires, juillet 2012.
7. FULKERSON, R.S. *Research Review of Forage Production*, Crop Science, Collège d'agriculture de l'Ontario, 1983. [https://www.plant.uoguelph.ca/sites/default/files/forages/documents/1983_management.pdf]
8. FULKERSON, R.S. *Research Review of Forage Production*, Crop Science, Collège d'agriculture de l'Ontario, 1983. [https://www.plant.uoguelph.ca/sites/default/files/forages/documents/1983_management.pdf]
9. BENEDICT, C., C. MILES et S. JOHNSON. *Vegetable Fodder & Forage Crops for Livestock Production: Fodder Beets* [fiche technique FS053E], Washington, États-Unis, Washington State University-Extension, Mount Vernon Northwestern Washington Research and Extension Center, 2012.

Autres sources

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE DU COLLÈGE D'AGRICULTURE DE L'ONTARIO. Publication 543, *Forage Insurance through Management, Utilization and Supplementary Crops*, ministère de l'Agriculture, Édifices du Parlement, Toronto, Ontario, Canada, février 1961.

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Ray-grass annuel destiné à l'ensilage et au pâturage [fiche technique], 1998.

Publication 363F, *Recommandations pour les cultures légumières*, 2010.

Cultures couvre-sol : L'orge, 2001.

[http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/barley.htm]

Cultures couvre-sol : Les pois des champs, 2001.

[http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/fieldpeas.htm]

Cultures couvre-sol : L'avoine, 2001.

[http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/oats.htm]

Cultures couvre-sol : Autres graminées, 2001.

[http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/other_grasses.htm]

Cultures couvre-sol : Autres légumineuses, 2001.

[http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/other_legumes.htm]

Cultures couvre-sol : L'ivraie de Perse (ou ray-grass),

2001. [http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/cover_crops01/ryegrass.htm]

Du seigle d'automne en double culture pour des fourrages additionnels, 2005. [<http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/fallrye.htm>]

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Production de fourrage à partir de céréales de printemps et de mélanges céréales-pois [fiche technique 98-042], 1998.

Publication 19F, *La culture des pâturages*, 2015.

CHAPITRE 8

Annuelles de saison chaude

La culture fourragère annuelle de saison chaude la plus répandue en Ontario est le maïs (voir le chapitre 4, *Maïs à ensilage*), mais ce n'est pas la seule qui peut servir à la production de fourrage dans la province. Les annuelles sont excellentes pour remplir les vides de production naturels entre les cultures fourragères vivaces. Si les cultures

de saison chaude poussent généralement mieux par temps chaud, chaque espèce a une tolérance différente quant au drainage du sol (figure 8-1), au pH du sol (figure 8-2) et à la gestion de la récolte (tableau 8-1), et quant aux mauvaises conditions météorologiques (chapitre 10, *Stress d'origine météorologique*).

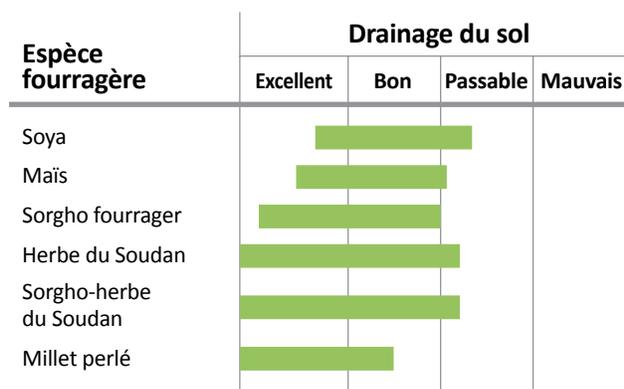


Figure 8-1. Drainage du sol requis par les espèces fourragères annuelles de saison chaude.

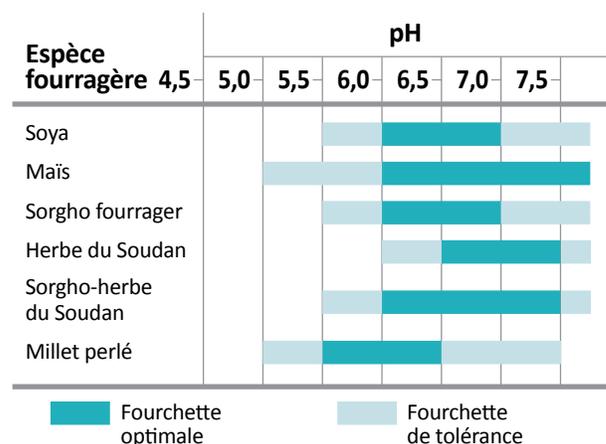


Figure 8-2. Fourchette de pH requise par les espèces fourragères annuelles de saison chaude.

Tableau 8-1. Compatibilité d'espèces fourragères annuelles de saison chaude et de types de gestion de la récolte

Légende : T = Très compatible C = Compatible N = Non compatible

	Broutage à ras unique	Pâturage tournant	Foin	Balles	Ensilage
Soya	C	N	C	N	C ¹
Maïs	T	N	N	N	T
Sorgho fourrager	T	N	N	T	T
Herbe du Soudan	C	T	N	T	T
Sorgho-herbe du Soudan	C	T	N	T	T
Millet perlé	C	T	C	T	T

¹ Le soya exerce un effet tampon sur le pH et est difficile à emballer. Il peut être ensilé, mais le processus est plus facile s'il est mélangé à du maïs haché dans le silo.

Légumineuses

Soya

Glycine max

Le soya est une légumineuse de culture annuelle. Quand les cotylédons sortent du sol, deux feuilles simples apparaissent. Toutes les feuilles qui poussent ensuite sont composées et comptent trois folioles ou « feuilles trifoliées ». Le soya commence à fleurir vers la fin juin, et continue de croître et de fleurir simultanément pendant quatre à six semaines (figure 8-3). Le soya peut mesurer de 30 à 122 cm (1 à 4 pi), selon le type de sol, la variété et les conditions de croissance.



Figure 8-3. Soya.

À l'origine, le soya a été introduit en Ontario comme culture fourragère pour le bétail. Le broutage constitue la technique de récolte la plus simple (avant le stade R5). L'ensilage du soya est difficile, parce que sa haute teneur en huile et sa faible teneur en sucre rendent la fermentation moins efficace. Typiquement, la concentration en protéines est élevée, et celle en FDN digestibles est basse.

Un sol bien drainé est certes préférable, mais le soya peut tolérer la présence d'eau tant que ses racines ne pourrissent pas et que la teneur en eau est maintenue tout au long de la saison de croissance. Le soya peut pousser dans un sol dont le pH se situe entre 5,5 et 8,0, mais la teneur optimale est de 6,5 à 7,5.

Les variétés à maturité tardive ont souvent un plus haut rendement en matière sèche. Au Canada, les groupes de maturité (MG) vont de MG 00 dans le nord à MG III dans le sud. Si l'on utilise des décimales, chacune correspond à peu près à un jour de maturité; donc, un cultivar coté MG 1,5 arrivera à maturité environ cinq jours plus tard qu'un cultivar coté MG 1,0 dans sa région d'adaptation. Voir la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, pour la carte des groupes de maturité du soya. Une étude menée au Wisconsin suggère que la culture

d'une variété de soya qui arrive à maturité de 5 à 15 jours plus tard que le soya oléagineux de pleine saison peut faire passer le rendement à 1 350 kg/ha (0,6 t. c./acre). Cette stratégie peut être adoptée avec le soya semé tôt. Les variétés dites « buissonnantes » sont préférables aux autres pour la production de fourrage.

La culture du soya destiné au fourrage et celle du soya destiné à la production d'huile se gèrent essentiellement de la même manière (voir le chapitre 2, *Soya*, de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*).

Dans la culture du soya destiné au fourrage, les rangs étroits (espacés de 17,5 cm (7 po)), et les peuplements denses sont préférables aux rangs larges (espacés de 38 cm (15 po)) et aux peuplements faibles. Une densité de plus de 308 750 plants/ha (125 000 plants/acre) se traduit par des tiges au diamètre plus faible. Les tiges grossières ne sont pas aussi digestibles, et le bétail ne les mange pas. En général, le soya destiné à la production d'huile est planté en rangs serrés, à environ 479 000 semences/ha (194 000 semences/acre). Le soya peut être semé au moyen d'un semoir, d'un semoir pneumatique ou d'un semoir de précision. En général, le semis du soya se fait en mai, mais des cultures ont été plantées avec succès jusqu'à la mi-juillet dans le Sud-Ouest de l'Ontario.

L'inoculation aide à garantir une bonne nodulation, et elle est essentielle dans les champs qui accueillent du soya pour la première fois.

Les pesticides de lutte contre les mauvaises herbes, les insectes et les maladies peuvent empêcher la culture de servir de fourrage. Il est important de lire l'étiquette de tous les pesticides utilisés sur le soya avant de le récolter et d'en servir comme fourrage. Certaines étiquettes recommandent un délai d'attente avant la récolte pour l'ensilage. D'autres énoncent clairement que la formule ne peut être

utilisée sur des cultures destinées à l'alimentation, au fourrage ou à l'ensilage. D'autres encore ne mentionnent pas l'ensilage ni le fourrage. Les effets de ces produits sur le bétail n'ont pas été testés, et les cultures traitées avec ceux-ci ne doivent donc pas servir à l'alimentation.

La maturité au moment de la récolte est le plus grand facteur de rendement et de qualité. Le rendement en matière sèche augmente à chaque stade de maturité. La teneur en protéines brutes baisse du stade végétatif avancé au stade reproductif avancé, mais elle augmente à mesure que les gousses mûrissent. Le soya met plus de temps que la luzerne à sécher pour la production de foin et devrait être récolté du stade de croissance R3 (premières gousses) au stade R5 (premières graines) avec une faucheuse-conditionneuse, puis être étalé.

Le fourrage de soya récolté du stade R6 (grossissement des graines) au stade R7 (atteinte de la maturité et début du jaunissement des feuilles avant leur chute) est comparable au fourrage de luzerne récolté au début de la floraison en termes de protéines brutes, de fibres au détergent acide et de fibres au détergent neutre (FDN). Comme les graines de soya sont plus riches en huile, la teneur en extrait éthéré du fourrage de soya est beaucoup plus élevée que celle du fourrage de luzerne. À première vue, l'apport nutritionnel peut être alléchant. Toutefois, la consommation d'une grande quantité de graisse végétale par le bétail n'est pas toujours une bonne chose. L'augmentation de la teneur en extrait éthéré dans les rations données aux vaches en lactation peut stimuler la production de lait, mais aussi réduire la prise alimentaire et ralentir la digestion des fibres. Par conséquent, il est recommandé de limiter la concentration d'extrait éthéré à 5 % des rations. Le fourrage de soya récolté au stade R7 ne devrait donc pas former plus de 50 % d'une ration de matière sèche. D'aucuns suggèrent même de limiter la proportion de soya à 20 %.

Le tableau 8-2 présente une analyse des éléments nutritifs de la plante entière (basée sur la matière sèche) à trois stades de croissance différents. Ces données proviennent de travaux de recherche menés dans le Sud-Ouest de l'Ontario sur une récolte faite durant la première semaine de septembre. L'écart entre les échantillons est attribuable à des écarts sur le plan de la maturité.

Tableau 8-2. Analyse des éléments nutritifs de la plante de soya entière

Élément nutritif	Échantillon 1 6-8 gousses non remplies, fleurs au sommet du plant	Échantillon 2 14 gousses, gousses inférieures à demi remplies, gousses supérieures plates	Échantillon 3 18 gousses, gousses inférieures entièrement remplies et vertes, gousses supérieures ondulées
Protéines brutes (%)	15,4	12,8	21,1
Calcium (%)	1,25	1,28	1,27
Phosphore (%)	0,37	0,33	0,35
Potassium (%)	2,01	1,99	2,07
Magnésium (%)	0,59	0,41	0,40
Fibres au détergent acide (%)	29,8	20,2	28,0
Fibres au détergent neutre (%)	42,5	43,2	41,3

Remarque : Tous les échantillons mesuraient 76 cm (30 po) et avaient des feuilles vertes.

Source : Gwen McBride, 1992.

L'un des plus grands défis de la récolte du soya est d'éviter d'intégrer de la terre et des pierres au fourrage. La terre augmente la teneur en cendres et peut introduire des bactéries Clostridium dans les cultures ensilées, ce qui cause de la fermentation butyrique (voir le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*). Les pierres peuvent endommager la récolteuse-hacheuse.

L'ensilage de soya est parfois mélangé à de l'ensilage de maïs. Des essais portant sur l'alimentation n'ont indiqué qu'une faible différence de valeur entre l'ensilage maïs-soya et l'ensilage de maïs. Si mélange il y a, la recommandation est de deux ou trois parts de maïs et d'une part de soya pour un ensilage équilibré qui se conserve bien, que le bétail mange facilement et qui ne nuit pas à la qualité du lait.

Le soya destiné au fourrage exige quelques précautions. La pourriture à sclérotés diminue la sapidité. D'autres pourritures peuvent engendrer la production de toxines; il est important de faire des analyses avant l'incorporation aux rations^[1,2].

MISE EN GARDE

Les graines de soya crues peuvent causer la toxicité de l'ammoniac chez le bétail. Il est important de récolter le soya destiné au fourrage au bon stade de maturité pour éviter que le animaux ne consomment des fèves non grillées. Le fourrage de soya peut causer des ballonnements.



Graminées

Les membres de la famille du sorgho et du millet sont des graminées annuelles tropicales de saison chaude qui poussent dans des zones semi-arides. Elles sont très vulnérables au gel, aussi bien au printemps qu'à l'automne, et elles y succombent facilement.

Les graminées annuelles de saison chaude sont parfois une meilleure option que le maïs à ensilage, selon les circonstances :

- si l'agricultrice ou l'agriculteur n'a pas l'équipement de semis et de récolte pour le maïs à ensilage, mais a son propre équipement de fenaison;
- si peu d'entrepreneuses ou entrepreneurs en travaux agricoles sont disponibles;
- si les champs ont un potentiel modéré ou élevé d'érosion, sont en pente ou que leur sol possède d'autres caractéristiques précises.

Sorgho

Le genre *Sorghum* comprend le sorgho-grain, le sorgho fourrager, l'herbe du Soudan et certaines espèces de mauvaises herbes. Le sorgho est connu pour sa résistance à la sécheresse. Il absorbe l'eau plus efficacement que le maïs parce qu'il possède le double de racines secondaires par racine primaire de ce dernier, et seulement la moitié de la surface foliaire pour l'évaporation. Les besoins en eau sont les mêmes, mais le soya peut entrer en dormance pendant les longues périodes de sécheresse. La croissance reprend lorsque la pluie arrive.

MISE EN GARDE

Les chevaux ne doivent pas consommer d'espèces de sorgho, celles-ci étant susceptibles de leur causer des troubles neurologiques, y compris de l'incontinence urinaire, laquelle peut mener à la cystite.



Le rendement du sorgho est légèrement inférieur à celui du maïs quand il est ensilé. Cependant, la plupart des espèces présentent l'avantage de pouvoir tolérer deux ou trois coupes durant la saison, et de pouvoir être hachées pour l'ensilage

(en balles ou non), servir de fourrage vert ou être mises en pâturage. L'ensilage du maïs produit plus de tonnes par hectare, mais la récolte doit se faire à l'automne avec de l'équipement spécialisé. L'accès à de l'équipement de récolte et l'urgence des besoins en fourrage seront déterminants pour aider les agricultrices et agriculteurs à choisir entre choisir entre un hybride sorgho-herbe du Soudan et d'autres espèces fourragères annuelles.

Les variétés à nervure principale brune qui ont été créées possèdent une qualité nutritionnelle nettement améliorée. La nervure principale brune résulte d'une mutation génétique qui réduit la quantité de lignine, ce qui augmente la digestibilité des fibres, l'énergie digestible et la prise alimentaire. Toutefois, cela peut empêcher une croissance vigoureuse et augmenter le risque de verse. Contrairement au maïs à nervure principale brune, le sorgho ayant subi cette modification ne semble pas avoir un rendement réduit.

Sorgho fourrager

Sorghum bicolor sous-espèce *bicolor*

Le sorgho fourrager possède de larges feuilles lustrées aux bords dentés. Contrairement au maïs, le sorgho n'a pas de racines échasses. Les racines secondaires fines et fasciculées et les talles du sorgho fourrager lui confèrent une meilleure tolérance à la sécheresse. À son sommet se trouve une panicule où poussent les graines.

Les anciennes variétés de sorgho fourrager étaient adaptées aux récoltes à une coupe produisant une qualité de fourrage faible, mais un rendement élevé. Le sorgho-grain, appelé aussi milo, n'est pas recommandé pour la production de fourrage en raison de son faible rendement. De nouvelles variétés de sorgho fourrager ont été créées pour la production de fourrage en saison courte, à plusieurs coupes et de grande qualité. Le sorgho fourrager tolère mieux les sols lourds que le millet perlé. La croissance de ces plantes est optimale dans un milieu chaud et humide.

Il est recommandé de semer le sorgho fourrager lorsque le risque de gel est passé, et que la température du sol dépasse 12 °C, soit généralement pendant la dernière semaine de mai ou au début de juin, à des taux allant de 22 à 44 kg/ha (20 à 40 lb/acre). De façon générale, il faut augmenter le taux de semis si les rangs sont plus serrés et si les conditions de semis sont médiocres. La semence doit être enfouie à une profondeur de 2 à 3,75 cm (de ¾ à 1 ½ po). Il faut fertiliser le sorgho avec du phosphore et de la potasse, comme le maïs, en fonction des analyses de sol (voir le chapitre 1, *Maïs*, de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, pour connaître l'ensemble des recommandations liées aux éléments nutritifs dont a besoin le maïs). Le taux d'azote suggéré pour le sorgho est de 80 à 100 kg/ha (de 90 à 110 lb/acre) pour commencer, puis une autre dose de 50 kg/ha (45 lb/acre) après la coupe pour favoriser la repousse.

Le stade de maturité est le facteur le plus déterminant en ce qui concerne la qualité et la quantité du fourrage. En général, les sorghos fourragers se récoltent de 60 à 65 jours après les semis (fin juillet ou début août), et ils sont prêts pour une deuxième coupe de 30 à 35 jours plus tard. La repousse sera plus rapide si le chaume mesure au moins 10 cm (4 po) après la coupe ou de 15 à 20 cm (de 6 à 8 po) après le broutage. Le régime d'ensilage à une coupe augmente considérablement le rendement, mais cela se fait aux dépens de la qualité fourragère, laquelle baisse énormément après l'épiaison.

Dans les conditions de croissance du Sud et de l'Est de l'Ontario, le sorgho fourrager a un potentiel de rendement de 7,0 à 9,0 tonnes de matière sèche par hectare (de 3,1 à 4 tonnes courtes/acre).

Herbe du Soudan

Sorghum bicolor sous-espèce *drummondii*

L'herbe du Soudan ressemble au sorgho fourrager, mais ses feuilles sont moins larges. La plante est plutôt feuillue avec une tige fine, et elle repousse

très rapidement. Elle est idéale pour le broutage ou les coupes multiples. Si elle n'est coupée qu'une seule fois, son rendement sera inférieur à celui du sorgho. Une coupe fréquente garantit une faible teneur en fibres et donc la bonne qualité du fourrage.

L'herbe du Soudan peut servir au broutage. Elle a des tiges de la grosseur d'un crayon et conserve sa sapidité même après l'épiaison. Elle ne doit pas être broutée avant d'avoir atteint une hauteur de 45 cm (18 po). En pâturage tournant, la culture demeure productive et succulente toute la saison. L'herbe du Soudan tolère des sols légèrement plus humides que les autres espèces de sorgho, mais préfère tout de même les endroits assez bien drainés ou bien drainés.

L'herbe du Soudan s'établit facilement si elle est semée à un taux de 28 kg/ha (25 lb/acre). La semence devrait toujours être traitée pour protéger la culture de la pourriture des semences et de la brûlure des plantules. La semence doit être enfouie à une profondeur de 2 à 4 cm (de ¾ à 1 ½ po). Les besoins en engrais sont les mêmes que ceux du sorgho fourrager. Comme la plante pousse rapidement, une quantité adéquate d'azote est cruciale.

L'herbe du Soudan a une bonne sapidité et peut être broutée même après l'épiaison. Il est toutefois préférable de commencer le broutage quand les plants mesurent 60 cm (2 pi). Cette pratique accélère la pousse du regain et, combinée à une méthode de pâturage tournant, permet à la repousse de rester jeune et succulente toute la saison. L'herbe du Soudan destiné à l'ensilage préfané aura une valeur nutritive maximale si la coupe a lieu peu après l'épiaison. Sa valeur nutritive se compare favorablement à celle du foin de fléole.

Dans les conditions de croissance du Sud et de l'Est de l'Ontario, l'herbe du Soudan a un potentiel de rendement de 5,0 à 7,0 tonnes de matière sèche par hectare (de 2,2 à 3,1 tonnes courtes/acre).

Sorgho-herbe du Soudan

hybride *Sorghum* × *drummondii*

Les hybrides sorgho-herbe du Soudan sont le type de *Sorghum* le plus populaire en Ontario. Ils possèdent des tiges plus grosses et moins de feuilles que l'herbe du Soudan, mais offrent un meilleur rendement dans le climat de la province. La taille et la largeur des feuilles du sorgho-herbe du Soudan sont moyennes par rapport aux espèces de sa famille (figure 8-4). L'hybride peut ressembler davantage à l'un ou l'autre de ses parents. Les agricultrices et agriculteurs ont donc intérêt à discuter de leurs attentes avec la personne qui leur vend les semences.



Figure 8-4. Sorgho-herbe du Soudan.

La méthode de semis, la fertilisation et la hauteur de la coupe du sorgho-herbe du Soudan sont les mêmes que celles du sorgho fourrager (voir ci-dessus).

Dans les conditions de croissance du Sud et de l'Est de l'Ontario, le sorgho-herbe du Soudan a un potentiel de rendement de 8,0 à 12,0 tonnes de matière sèche par hectare (de 3,6 à 5,4 tonnes courtes/acre).

Problèmes associés à l'espèce *Sorghum*

Intoxication à l'acide prussique du bétail

MISE EN GARDE

Les membres de la famille du sorgho contiennent de la dhurrine, un glucoside qui se décompose pour libérer de l'acide cyanhydrique, aussi appelé acide prussique (cyanure d'hydrogène, HCN). Si la croissance est soudainement interrompue, par exemple par le gel, la sécheresse ou une coupe, l'acide prussique est libéré plus rapidement dans le plant. Un taux élevé d'acide prussique peut être mortel pour le bétail. L'acide prussique se décompose en une à deux semaines, donc la matière ensilée ne présente aucun danger.



Généralement, le sorgho présente un risque d'intoxication à l'acide prussique plus élevé que l'herbe du Soudan, et le sorgho-herbe du Soudan se situe entre les deux. Certains nouveaux hybrides de sorgho fourrager ont une teneur en acide prussique moins élevée. Le millet ne pose pas de risques d'intoxication de ce type. Voici quelques conseils pour réduire le risque d'intoxication à l'acide prussique :

- Ne pas utiliser le sorgho pour le broutage ni comme fourrage vert avant qu'il ne mesure de 45 à 60 cm (de 18 à 24 po). Si le taux d'acide prussique de la repousse est habituellement plus élevé, les plants plus matures représentent rarement un danger, sauf s'ils sont stressés.
- Après une gelée meurtrière, laisser passer de trois à cinq jours avant d'ensiler le sorgho de plus de 76 cm (30 po) de hauteur ou d'en faire du fourrage vert. Il faut attendre que l'ensilage soit complètement fermenté (de six à huit semaines) avant de le donner aux animaux. L'acide prussique aura ainsi le temps de se dissiper.
- Immédiatement après une gelée, il faut retirer le bétail du pâturage de sorgho jusqu'à ce que ce dernier soit sec (généralement au bout de six à sept jours). Si de nouvelles pousses se forment, il faut effectuer une récolte par ensilage plutôt que par broutage.
- Après une période de sécheresse suivie d'une pluie, ne pas faire brouter la repousse.

Allélopathie

Une plante dite « allélopathique » est une plante qui influence la germination et la croissance des autres plantes. Le principal composé allélochimique produit par le sorgho est la sorgoléone. Ce composé interfère avec la photosynthèse des plantules. La production de sorgoléone est liée à la croissance des poils racinaires du sorgho. Les sécrétions sont les plus abondantes lorsqu'il fait de 25°C à 35°C, particulièrement si le taux d'humidité est élevé et qu'une grande quantité d'oxygène est accessible.

Pour augmenter la sapidité et la digestibilité des espèces de sorgho, nombre de productrices et producteurs utilisent un taux de semis plus élevé. Avant 2010, le sorgho fourrager était couramment planté à raison de 22 à 28 kg/ha (de 20 à 25 lb/acre). Récemment, les taux de semis ont monté en flèche, celui du sorgho atteignant fréquemment de 33 à 44 kg/ha (de 30 à 40 lb/acre). Une telle densité de peuplement fait diminuer le diamètre des tiges et la teneur en lignine. Si les productrices et producteurs acceptent consciemment le risque plus élevé de verse, le risque d'allélopathie augmente lui aussi.

Les ressources produites par les extensions universitaires qui traitent du sorgho et de l'allélopathie affirment habituellement qu'il n'y a pas de problème, sauf si les taux de semis sont supérieurs aux taux normaux pour le fourrage. Cependant, ces articles ont été publiés avant que les taux de semis ne commencent à grimper. Les productrices et producteurs de sorgho sensibilisés à l'allélopathie peuvent éviter les problèmes dans leur système de production de fourrage.

Il est probable que la densité de peuplement constitue le principal facteur de risque d'allélopathie. La taille des semences varie grandement d'une espèce de sorgho à l'autre, un kilogramme pouvant compter de 24 200 à 99 000 semences/kg (de 11 000 à 45 000 semences/lb), et même chez les variétés ou les hybrides d'une même espèce. Un taux de semis établi en fonction du poids peut produire une densité de peuplement très variable! Plus la densité de peuplement est forte, plus le risque d'accumulation de composés allélopathiques dans le sol pouvant avoir une incidence sur la prochaine culture est élevé.

La plupart des ressources traitant du sorgho fourrager recommandent de cultiver de 197 600 à 247 000 plants/ha (de 80 000 à 100 000 plants/acre). Bien que les taux de semis de l'herbe du Soudan et du sorgho-herbe du Soudan soient habituellement supérieurs à ceux du sorgho fourrager, il n'existe pas de consensus

quant à la densité appropriée pour ces peuplements. La question doit être approfondie, car la plupart des études actuelles sur l'allélopathie du sorgho se concentrent sur les méthodes biologiques d'élimination des mauvaises herbes plutôt que sur l'optimisation de la rotation des cultures fourragères.

Les productrices et producteurs peuvent calculer le taux de semis approprié pour éviter une densité de peuplement trop élevée. Le nombre de semences par kilogramme (ou par livre) devrait être indiqué sur l'étiquette ou le sac, de même que le pourcentage de germination. Voir le chapitre 1, *Planification et établissement*, pour connaître la marche à suivre pour calculer la valeur culturale.

Diverses stratégies permettent aux productrices et producteurs de maximiser la qualité autrement qu'en augmentant le taux de semis. Il est crucial de récolter les cultures au bon moment pour éviter qu'elles n'atteignent un état de maturité trop avancé. L'herbe du Soudan a une tige plus mince et comporte plus de feuilles que le sorgho fourrager et le sorgho-herbe du Soudan, ce qui peut la rendre plus sapidie pour le bétail. Il est aussi possible de cultiver des variétés de sorgho à nervure principale brune, dont la quantité de lignine est inférieure.

Millet

Le nom « millet » désigne de nombreuses espèces de graminées qui ont de petites graines comestibles. La plupart des espèces (dont le millet japonais, le millet commun, le millet d'Italie, le millet pied-de-coq, le millet kodo, l'éleusine et le teff) ont des tiges minces et courtes (de 0,3 à 1,2 m (de 1 à 4 pi)). Pour sa part, le millet perlé possède une tige épaisse et au moins deux fois plus longue (de 1,5 à 3 m (de 5 à 10 pi)). En Ontario, les espèces les plus utilisées pour le fourrage sont le millet perlé et le millet japonais. Bien gérées, les prairies de millet peuvent donner un fourrage de très bonne qualité. Le millet a une plus petite tige que le sorgho, et a une teneur en protéines et des Unités nutritives totales (UNT) légèrement plus élevées.

Millet perlé

Pennisetum glaucum

Le millet perlé possède une tige solide souvent velue. Bien que son rendement soit similaire à celui de l'herbe du Soudan, sa valeur nutritive est légèrement plus élevée que celle de l'herbe du Soudan et du millet japonais. Le millet perlé a généralement une plus petite tige que le sorgho (figure 8-5). Le stade atteint au moment de la coupe a une influence sur sa qualité, comme pour toute culture fourragère. Le millet perlé peut servir pour le fourrage frais, le broutage, l'ensilage et même la production de foin s'il est conditionné correctement. Contrairement au sorgho, il ne produit pas d'acide prussique.



Figure 8-5. Millet perlé.

Le millet perlé produit une masse de talles et de racines secondaires très fines et fasciculées. Il résiste bien à la sécheresse et pousse particulièrement bien sur les sols légèrement sableux et les loams sableux. Le millet perlé ne tolère pas les sols lourds aussi bien que le sorgho fourrager.

Le semis du millet perlé doit se faire une fois que les risques de gel sont passés et que la température du sol atteint ou dépasse 12°C. Le meilleur moment est habituellement la dernière semaine de mai ou le début de juin, mais le semis peut aller jusqu'au début de juillet. Le taux de semis recommandé est de 8 à 10 kg/ha (de 7 à 9 lb/acre) à une profondeur de 0,5 à 1 cm (de ¼ à ⅜ po.). Le millet perlé a sensiblement les mêmes caractéristiques de croissance que les hybrides sorgho-herbe du Soudan. Les rangs devraient être espacés de 10 à 15 cm (de 4 à 6 po). Les semences mettront environ cinq jours pour germer et émerger du sol. À ce moment, le plant est jaune et le demeure de huit à dix jours. Il mesure 15 cm (6 po) pendant deux semaines environ, puis croît rapidement. Le millet perlé talle très facilement, et peut facilement compter de 12 à 15 talles par plant.

En règle générale, il lui faut 70 % de la quantité d'engrais recommandée pour le maïs. La même quantité de phosphore (P) et de potassium (K) ainsi que la moitié de l'azote doivent être appliquées au moment du semis. L'autre moitié de l'azote s'applique après la première coupe.

La qualité et la quantité du fourrage dépendent du stade de maturité au moment de la récolte. Pour obtenir une qualité fourragère optimale, il faut généralement faire la première coupe de 55 à 60 jours après le semis, lorsque le millet est encore au stade végétatif. La deuxième coupe se fait de 30 à 35 jours plus tard, approximativement. La plante repousse plus vite si elle mesure au moins 10 cm (4 po) après la coupe ou de 15 à 20 cm (de 6 à 8 po) après le broutage. Dans le Sud et l'Est de l'Ontario, le millet perlé a un potentiel de rendement de 4,0 à 12,0 tonnes de matière sèche par hectare (de 1,8 à 5,4 tonnes courtes/acre).

Le millet perlé a une plus forte teneur en protéines brutes que le maïs à ensilage, mais une plus faible teneur énergétique. En 1996 et 1997, Paul Sharpe, du Collège de technologie agricole de Kemptville de l'Université de Guelph, a mené des travaux sur l'alimentation de bouillons Holstein au millet perlé. Il a comparé une ration d'ensilage de millet perlé à une ration témoin d'ensilage préfané de graminées et de maïs accompagnée de quelques suppléments. De façon générale, les résultats montraient que l'ensilage de millet perlé peut constituer jusqu'à 60 % de la matière sèche d'une ration pour un rendement optimal. Cette découverte s'explique entre autres par la teneur en protéines brutes et les unités nutritives totales (UNT) dans la ration. Il est recommandé d'analyser le fourrage de millet perlé ensilé par précaution et de l'utiliser pour équilibrer les rations et satisfaire les besoins des animaux.

Le millet perlé sucré sert communément de culture pour biocarburants, et les résidus produits sont souvent utilisés pour nourrir le bétail. Le millet perlé ordinaire et celui à nervure principale brune constituent d'autres variétés disponibles, outre le millet perlé sucré. Le millet perlé à nervure principale brune est de plus haute qualité grâce à sa meilleure digestibilité, mais son rendement est plus faible, au point où sa valeur nutritive par unité de surface cultivée est approximativement la même que celle du millet perlé ordinaire. Le millet sucré se distingue du millet perlé ordinaire par ses feuilles plus longues et étroites, son tallage nodal avec une maturité asynchrone, des épis courts et fins et de très petits grains. Le millet sucré contient deux fois plus de sucre soluble que les variétés ordinaires de millet perlé, ce qui lui vaut son nom^[3].

Références

1. STATON, M., CASSIDA, K. et KAATZ, P. *Harvesting Soybeans for Forage* [En ligne], Michigan State University-Extension, 2019. [www.canr.msu.edu/news/harvesting-soybeans-for-forage]
2. WIEDERHOLT, R. et ALBRECHT, K. « Using Soybean as Forage », dans *Focus on Forage* [En ligne], vol. 5, n° 13, Wisconsin, États Unis, Wisconsin Forage Team, University of Wisconsin-Extension, 2003.
3. TEUTSCH, C. *Warm-season Annual Grasses for Summer Forage* [En ligne], Virginie, États Unis, Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech and Virginia State University, 2009. [www.pubs.ext.vt.edu/418/418-004/418-004.html]

Autres sources

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE DU COLLÈGE D'AGRICULTURE DE L'ONTARIO. *Forage Insurance through Management, Utilization and Supplementary Crops*, publication 543, ministère de l'Agriculture, Édifices du Parlement, Toronto, Ontario, Canada, février 1961.

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Le millet à chandelle comme plante fourragère, 1998.

Le soya comme culture fourragère [En ligne], 1999. [http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/soybean_forage.htm]

Millet commun [fiche technique 96-128], 1996.

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

« Chanvre, maïs tropical et autres cultures fourragères annuelles de remplacement : possibilités pour le bovin de boucherie en cinq leçons faciles » dans *Le boeuf virtuel du MAAARO* [En ligne], février 2014. [<http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/beef/news/vbn0214a1.htm>]

Gestion assurant la santé du sol et des écosystèmes

Compactage du sol

Le sol est composé de minéraux (particules de sable, de limon et d'argile), de matière organique et de pores renfermant de l'eau et de l'air. Le compactage peut être défini simplement comme une pression ou une force exercée sur un terrain qui réduit la porosité dans la matrice du sol

(figure 9-1). Les cultures pratiquées dans un sol compacté ont souvent un système racinaire restreint. Par conséquent, elles absorbent moins d'éléments nutritifs, n'atteignent pas leur plein développement, manquent globalement de vigueur et offrent un moins bon rendement. En outre, elles sont plus vulnérables aux maladies et à la pression exercée par les insectes.

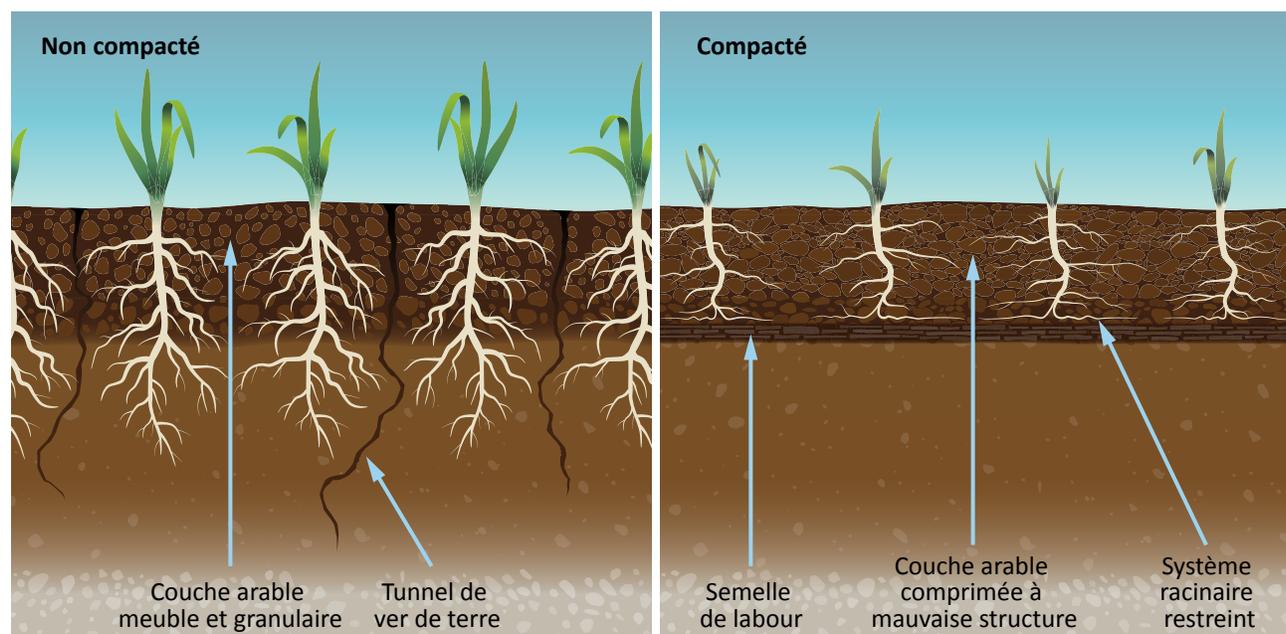


Figure 9-1. Différence de porosité entre un sol compacté et un sol non compacté.

Le compactage du sol produit des effets qui passent souvent inaperçus dans les cultures fourragères, mais il peut faire baisser le rendement. Il ressort de la recherche que le compactage peut occasionner de 6 à 74 % de pertes de rendement dans les peuplements fourragers vivaces^[1]. L'équipement lourd, la pression élevée des pneus et les passages multiples accentuent le compactage. D'après une étude, les pertes de rendement en graminées augmentent de 5 à 15 % lorsque la pression exercée sur le sol par le tracteur passe de 10 à 30 lb/po². Il ressort également de cette étude une diminution de rendement de 33 % en comparant un système à trois passages à un système à passage unique^[2].

Les effets du compactage sur le rendement découlent surtout d'une diminution de l'espace poral dans les agrégats du sol et les mottes de terre et entre eux. Ce phénomène réduit l'infiltration et le drainage de l'eau, l'aération, la croissance des racines ainsi que la disponibilité et l'absorption des éléments nutritifs. Une faible aération peut entraîner une baisse de la disponibilité de l'azote en raison de la dénitrification, et une diminution de la teneur en oxygène peut réduire la respiration des racines et l'absorption de potassium. L'absorption de phosphore peut également être réduite de 40 % si l'enracinement est considérablement entravé^[3].

Le sol risque moins d'être compacté par l'équipement s'il est assez sec pour en supporter le poids. Les systèmes de culture avec semis direct et conservation du sol préservent la capacité du sol à soutenir l'équipement en laissant sa structure intacte. L'équipement lourd est plus susceptible de compacter le sol. Il est donc recommandé de choisir le tracteur le moins lourd parmi ceux qui permettent d'accomplir le travail en toute sécurité pour réduire la charge sur la terre. La machinerie agricole peut être modifiée de manière à éviter autant que possible le compactage durant le travail dans les champs.

La sélection des bons pneus peut réduire le compactage. Les pneus agricoles exercent moins de pression sur la terre que les pneus de route. L'augmentation du nombre d'essieux et de pneus sous l'équipement et les remorques en disperse le poids sur une plus grande surface, de la même manière que des raquettes dispersent le poids d'une personne sur la neige. Des systèmes de gonflage et de dégonflage peuvent être installés sur les tracteurs avec outil porté; lorsqu'ils sont utilisés avec les bons pneus, l'investissement est vite amorti puisque la réduction du compactage fait augmenter le rendement du fourrage.

Les pneus avant d'une chargeuse frontale ne sont pas assez gros pour supporter le poids d'une balle. Lorsque possible, il faut planifier les déplacements dans le champ et utiliser un chargeur ou un ramasseur de balles.

Une fois le sol compacté, il n'est pas toujours possible de réparer les dommages. Un sol compacté en profondeur (par l'équipement) se rétablit difficilement. Un sol compacté en surface (par l'équipement ou le bétail) se restaure de lui-même avec le temps, parce que le compactage a lieu à un niveau où les racines poussent, où les microbes vivent et où le gel pénètre et quitte le sol. Ces phénomènes aident à éliminer le compactage léger ou modéré en surface.

Pollinisateurs

Nombre d'espèces pollinisent les plantes : les abeilles (abeilles domestiques élevées en colonies et abeilles appartenant aux 400 espèces sauvages ou indigènes de l'Ontario), les mouches, les papillons, les coléoptères, les guêpes, les fourmis et les colibris. Les pollinisateurs dépendent du pollen et du nectar des plantes en fleurs pour se nourrir, et les plantes dépendent des pollinisateurs pour déplacer le pollen dans les fleurs et d'une fleur à l'autre et leur permettent de grener, ce qui peut parfois augmenter le rendement.

Les pollinisateurs sauvages ou indigènes font partie du paysage naturel; la plupart vivent en solitaire (sans colonie) et nichent dans le sol ou la végétation. Les colonies d'abeilles domestiques (qui appartiennent à une seule espèce, *Apis mellifera*), pour leur part, sont un élément contrôlé de la production agricole en Ontario : quelque 3 000 apicultrices et apiculteurs gèrent de 90 000 à 110 000 colonies chaque année dans la province. Souvent, les apicultrices et apiculteurs cherchent activement des zones comptant une forte proportion de fourrages, particulièrement de luzerne et de trèfle, et offrent des services de pollinisation sur mesure pour la production de semences fourragères en Ontario et ailleurs en Amérique du Nord. Chaque colonie compte de 10 000 à 60 000 individus installés dans des boîtes servant de ruches qui peuvent facilement être transportées au besoin. Si les apicultrices et apiculteurs amateurs s'occupent parfois d'une seule colonie par site, les apicultrices et apiculteurs commerciaux peuvent en gérer au moins 30 par site.

Les pollinisateurs jouent un rôle essentiel dans les services liés à l'agriculture (pollinisation des grandes cultures, horticulture, production de semences, etc.) et aux écosystèmes (alimentation et habitat de la faune). Cependant, la diminution des habitats et des sources de nourriture a un effet négatif sur les populations de pollinisateurs indigènes et la récolte de miel et, par conséquent, sur l'offre de services de pollinisation.

Bien que de nombreux programmes de protection de la nature préconisent de semer des espèces indigènes pour créer de nouveaux habitats, les espèces fourragères cultivées constituent une source de nourriture de qualité pour les pollinisateurs indigènes. Chaque fleur qui peut s'ouvrir à différents moments et qui favorise la diversité est la bienvenue dans tout environnement. Voici des cultures fourragères qui fournissent du pollen ou du nectar et qui peuvent être bénéfiques pour les pollinisateurs indigènes et les abeilles domestiques :

- la luzerne;
- le canola ou le colza;
- le trèfle (d'Alsike, incarnat, rouge ou blanc);
- les pois;
- le lotier corniculé;
- le mélilot;
- la vesce.

Ces cultures sont bénéfiques pour les pollinisateurs seulement si elles ont l'occasion de fleurir et de rester en fleurs assez longtemps (au moins une ou deux semaines). La plupart du temps, le trèfle et la luzerne en fleurs sont les cultures les plus utilisées pour la production de miel.

Les abeilles sauvages butinent dans un rayon de 750 m (0,5 mile) de leur nid, mais de nombreuses espèces d'abeilles solitaires ne s'éloignent que de 350 m (0,2 mile). Un mélange d'espèces de plantes qui fleurissent au printemps, à l'été et à l'automne créera un habitat propice à ces insectes et leur offrira une source de nourriture fiable. Les milliers d'abeilles domestiques formant une colonie typique butinent dans un rayon de 3 à 10 km de la ruche.

Les plantes à fleurs (fleurs sauvages comme les cultures fourragères énumérées précédemment) cultivées en bordure des champs ou dans des bandes (p.ex. bandes tampons) peuvent fournir aux pollinisateurs l'habitat dont ils ont besoin. De plus, les pâturages contenant au moins 30 % de légumineuses peuvent constituer un excellent habitat s'ils ne sont pas surexploités.

La culture diversifiée de plantes à fleurs (divers moments et diverses espèces) profite aussi aux pollinisateurs. Beaucoup de pollinisateurs sauvages ou indigènes butinent un seul type de fleur, que ce soit par préférence ou en raison de leur structure corporelle. Les abeilles domestiques sont des généralistes qui pollinisent la plupart des types de fleurs; une diversité de plantes leur fournit des sources variées de pollen, ce qui aide à répondre aux besoins nutritionnels de la colonie.

Chaque espèce de pollinisateur a ses préférences en matière d'habitat. Les abeilles nichant dans la terre aiment un sol nu non perturbé et bien drainé. Certaines d'entre elles font leur nid sous les graminées en touffe. Les abeilles nichant dans le bois et les cavités aiment le bois mort et les arbustes. Il est donc possible de leur créer des habitats en bordure des champs et dans les boisés des exploitations agricoles. Les colonies d'abeilles domestiques sont élevées dans des boîtes qui peuvent être gardées dans un espace bien drainé et accessible en vertu d'une entente entre les propriétaires fonciers et les apicultrices et apiculteurs. Même si un terrain n'abrite aucune colonie, il est très probable que des abeilles domestiques d'une autre exploitation (située dans un rayon de 3 km) y butinent.

Pour éviter de perturber l'habitat des pollinisateurs, il est recommandé de limiter le fauchage au tiers du champ chaque année. Un pâturage tournant à faible chargement pendant de courtes périodes est aussi favorable à la préservation de l'habitat. Un mélange de fourrage comprenant diverses espèces et variétés de légumineuses aux dates de maturité différentes permet aux pollinisateurs d'avoir accès à des fleurs plus longtemps. La mise en réserve de ces champs pour le broutage après la grenaison aide à ressemer les cultures tout en fournissant une source de nourriture aux pollinisateurs^[4].

Oiseaux de prairie

De tous les oiseaux d'Amérique du Nord, ceux qui nichent et se reproduisent dans les prairies connaissent le plus important déclin de population. En Ontario, les champs de foin et les pâturages sont les principaux habitats des oiseaux de prairie. Le goglu des prés (*Dolichonyx oryzivorus*) et la sturnelle des prés (*Sturnella magna*) sont deux des espèces d'oiseaux de prairie menacées dont la population décroît rapidement dans la province. Les nombreux efforts de conservation du goglu des prés et de la sturnelle des prés seront également bénéfiques pour d'autres oiseaux de prairie.

Le goglu des prés et la sturnelle des prés préfèrent tous deux nicher dans de l'herbe mesurant plus de 30 cm (12 po) de hauteur, loin du pourtour des champs. De nombreux programmes de protection de la nature préconisent de semer des espèces indigènes pour créer de nouveaux habitats, mais les espèces fourragères cultivées peuvent fournir des lieux de nidification de choix si leur mélange :

- contient de 60 à 80 % de graminées avec un minimum de trois espèces de tailles variées (voir l'encadré);
- contient de 20 à 40 % de plantes herbacées non graminéides ou de légumineuses (au plus 25 % de luzerne).

Graminées fourragères cultivées classées par taille

Petite taille

- Pâturin comprimé
- Fétuque rouge traçante
- Pâturin des prés

Taille moyenne

- Brome des prés
- Fétuque des prés
- Vulpin des prés
- Ray-grass vivace

Grande taille

- Dactyle pelotonné
- Alpiste roseau
- Brome inerme
- Fétuque élevée
- Fléole

Les champs qui attirent le goglu des prés et la sturnelle des prés mesurent habituellement 200 m (650 pi) de largeur et occupent une superficie minimale de 4 ha (10 acres). Le goglu des prés est plus sensible aux effets de lisière que la sturnelle des prés et a tendance à s'installer dans des champs bordés de fourrages ou de cultures en rangs plutôt que dans des champs bordés d'un brise-vent ou d'un boisé. Le goglu des prés et la sturnelle des prés nichent de mai à juillet et retournent habituellement dans le même champ chaque année^[5].

Pour de plus amples renseignements sur les façons dont les agricultrices et agriculteurs peuvent offrir un habitat de qualité aux oiseaux de prairie, voir le guide *Farming With Grassland Birds* de l'Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario www.ontariosoilcrop.org/wp-content/uploads/2015/08/GrasslandBirdsWorkbook.pdf

Références

1. JORAJURIA, D., et L. DRAGHI. « The Distribution of Soil Compaction With Depth and the Response of a Perennial Forage Crop », *Journal of Agricultural Engineering Research*, vol. 66, n° 4, 1997, p. 261-265.
2. RASMUSSEN, K.J., et E. MOLLER. « Regrowth after pre-wilting of grassland crops. II. Soil compaction in connection with harvest and transport », *Tidskr. Planteavl.*, vol. 85, 1981, p. 59-71 (en danois avec résumé en anglais).
3. CHAMEN, W.C.T., A.P. MOXEY, W. TOWERS, B. BALANA et P.D. HALLET. « Mitigating Arable Soil Compaction: A Review and Analysis of Available Cost and Benefit Data », *Soil & Tillage Research*, vol. 146, 2015, p. 10-25.
4. POLLINATOR PARTNERSHIP CANADA. *Technical Guide for Preserving and Creating Habitat for Pollinators on Ontario's Farms* [En ligne], s. d. [pollinatorpartnership.ca/assets/generalFiles/LandManagerGuide.Ontario.Farms.FINAL.PDF].
5. KYLE, J., et R. REID. *Farming with Grassland Birds*, Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario [Brochure en ligne], 2016. [www.ontariosoilcrop.org/wp-content/uploads/2015/08/GrasslandBirdsWorkbook.pdf].

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

ASSOCIATION POUR L'AMÉLIORATION DES SOLS ET DES RÉCOLTES DE L'ONTARIO. « Compaction dans les pâturages », dans le *Bulletin Grandes Cultures* [En ligne], 25 octobre 2017.

ASSOCIATION POUR L'AMÉLIORATION DES SOLS ET DES RÉCOLTES DE L'ONTARIO. « Le compactage : un choix de gestion », dans le *Bulletin Grandes Cultures* [En ligne], 1^{er} septembre 2017.

LICULTURES ONTARIO. *Compactage* [En ligne], 12 mars 2009. [www.omafra.gov.on.ca/IPM/french/soil-diagnostics/compaction.html].

CHAPITRE 10

Stress d'origine météorologique

Les intempéries peuvent nuire à la production de fourrage. La tolérance aux conditions de croissance stressantes varie selon les espèces.

Destruction par l'hiver

Les dommages causés par le froid, les dommages causés par la glace et le déchaussement, qui surviennent habituellement pendant l'hiver, mais aussi les dommages causés par le gel et l'asphyxie des racines, lorsqu'ils surviennent au début du printemps, sont tous des formes de destruction par l'hiver à l'origine des pertes de peuplement. Lorsque les effets de la destruction par l'hiver se manifestent au printemps, on croit souvent à tort

qu'ils ont été provoqués par les maladies ou les insectes nuisibles. Pour en savoir plus, voir le chapitre 12, *Ennemis des cultures*, et le chapitre 13, *Maladies*.

Dommages causés par le froid et le gel

Les dommages causés par le froid en hiver surviennent surtout en l'absence d'une couche de neige suffisante pour isoler le sol et les plantes fourragères (tableau 10-1). Les dommages causés par le gel arrivent en général au printemps ou à l'automne, lorsque la culture est en croissance active. Dans un cas comme dans l'autre, l'étendue des dommages varie selon la température et la durée de la période de froid.

Tableau 10-1. Effet de la couverture neigeuse sur la température du sol à 6 cm de profondeur

Température quotidienne moyenne de l'air (°C)	Température du sol (°C)			
	Sol nu	Neige		Neige non compactée et chaume
		Compactée	Non compactée	
-2,2	-1,1	-0,5	0,0	1,7
-8,3	-3,9	-1,7	-0,5	1,1
-10,5	-5,6	-4,4	-1,1	0,6
-16,7	-8,9	-7,8	-2,2	0,6

Remarque : Moyennes sur trois ans à la station d'Elora, en Ontario.

Source : Bowley et Wright, 1991^[1].

En général, les températures dans le feuillage varient selon la hauteur et sont plus élevées que les températures de l'air enregistrées (tableau 10-2). La température du sol, la pente, le vent et le microclimat d'un champ peuvent tous être des facteurs d'influence.

Tableau 10-2. Basses températures létales pour les graminées fourragères vivaces de saison fraîche

Espèces	TL ₅₀ (°C)
Alpiste roseau	-5,7
Dactyle pelotonné	-9,0
Fétuque des prés	-10,9
Vulpin des prés	-11,3
Fétuque rouge traçante	-12,2
Pâturin des prés	-13,6
Fléole	-14,4

Remarque : TL₅₀ est la température à laquelle 50 % des plants meurent après une exposition d'une heure (racines et pousses).

Source: D'après Gudleifsson et autres, 1986^[2].

Luzerne

La survie de la luzerne dépend de nombreux facteurs dont certains sont maîtrisables (mode d'exploitation) et d'autres, non (environnement, climat). Les facteurs non maîtrisables comprennent la couverture neigeuse ainsi que la température et ses fluctuations. Parmi les facteurs maîtrisables figurent la variété de luzerne utilisée, la fertilité du sol (teneur en potassium), le drainage du sol et le moment de la récolte. Le mode d'exploitation peut grandement atténuer le risque de destruction par l'hiver de la luzerne. Le tableau 10-3 permet aux productrices et producteurs d'estimer le risque de destruction par l'hiver de leur culture de luzerne. Il leur suffit d'inscrire pour chaque section le nombre de points qui correspond à leur mode d'exploitation et à leur situation.

Les dommages causés à la luzerne par le gel peuvent se produire au printemps, après le début de la croissance, et abîmer les points végétatifs. On peut observer un flétrissement environ 24 heures après le gel, ou une décoloration jaunâtre ou

brunâtre trois ou quatre jours après. L'extrémité des tiges de luzerne se recourbe et ressemble à un crochet. La plupart du temps, les dommages sont minimes, et les plants retrouvent leur vigueur, mais une perte de rendement et un retard de croissance peuvent s'ensuivre. Les peuplements de luzerne clairsemés sont plus vulnérables aux dommages causés par le gel.

Dans les cas moins graves, les feuilles du haut se flétrissent et se décolorent, mais les plants s'en remettent complètement. Si une tige en forme de crochet se redresse, c'est que la croissance normale reprend. Lorsque les températures descendent à -3 °C, le pourtour des feuilles peut geler (ce qui cause l'apparition de taches blanches sur les feuilles), mais les tiges et les points végétatifs ne subissent aucun dommage.

Dans les cas plus graves, les tiges de luzerne gèlent à divers degrés et les points végétatifs sont détruits. La luzerne croît à partir du sommet de la tige, où se trouve le point végétatif à l'intérieur d'un groupe dense de feuilles déployées. Les points végétatifs seront endommagés et les tiges mourront après une exposition à des températures inférieures à -4 °C pendant quatre heures ou plus. Cependant, il faudrait de nombreux épisodes de gelée à pierre fendre pour détruire le collet en entier de la luzerne, ce qui arrive rarement. À maturité, les collets de luzerne peuvent tolérer une température du sol aussi basse que -12 °C.

Habituellement, les plants de luzerne endommagés par le gel s'en remettent et repoussent à partir des bourgeons axillaires dans la partie inférieure du plant (si les tiges du bas ne sont pas endommagées) ou à partir des bourgeons du collet nouvellement formés.

Bien souvent, les bourgeons axillaires deviendront le principal point végétatif si les bourgeons terminaux sont endommagés. Il est recommandé de déterrer quelques plants pour vérifier les collets et les racines avant de planifier une élimination à la suite d'une gelée à pierre fendre. Si les racines sont saines, la croissance reprendra, mais la première coupe pourrait être retardée.

Tableau 10-3. Risque de destruction de la luzerne par l'hiver

Voici les différents niveaux de risque :

- 7 points ou moins – risque faible
- De 8 à 12 points – risque modéré
- De 13 à 16 points – risque élevé
- 17 points ou plus – risque très élevé

	Points	Votre situation
Année de récolte du fourrage		
1 ^{re} année de production	1	
2 ^e année de production	2	
3 ^e année de production ou plus	3	
Résistance aux maladies		
Résistante (R) ou très résistante (TR) à toutes les maladies	2	
R ou TR à la verticilliose et au flétrissement bactérien	3	
R ou TR au flétrissement bactérien seulement	4	
Teneur en potassium du sol		
Élevée (plus de 150 ppm)	1	
Moyenne (de 80 à 150 ppm)	2	
Faible (moins de 80 ppm)	3	
Drainage du sol		
Excellent	1	
Bon	2	
Modéré	4	
Passable	6	
Régime de coupe		
Les indications suivantes s'appliquent à l'Ouest, au Centre et à l'Est de l'Ontario. Pour les régions du Sud, ajouter une coupe, et pour le Nord, soustraire une coupe.		
2 coupes, la dernière avant la période de repos d'automne	1	
2 coupes, la dernière pendant la période de repos d'automne	2	
3 coupes, la dernière avant la période de repos d'automne	2	
3 coupes, la dernière après la période de repos d'automne	3	
3 coupes, la dernière pendant la période de repos d'automne	4	
4 coupes, la dernière 5 ou 6 semaines après la période de repos d'automne	4	
4 coupes, la dernière pendant la période de repos d'automne	5	
Total		

Les dommages causés aux nouveaux semis de luzerne sont habituellement minimes. Les nouvelles plantules de luzerne sont protégées contre les dommages causés par le gel dans une certaine mesure par les cultures-abris. En général, la luzerne tolère très bien le gel jusqu'aux stades cotylédonaire et unifolié, mais elle peut y devenir vulnérable au stade de la première feuille trifoliée. Quelques heures d'exposition à des températures en deçà de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ suffisent pour détruire les plantules de luzerne au début du stade de la deuxième feuille trifoliée.

La luzerne retrouve sa tolérance au gel après la phase d'activité contractile, pendant laquelle les cotylédons descendent sous la surface du sol pour former un collet. On peut observer de nouveaux semis pendant trois à cinq jours après le gel. Les plants commenceront par se flétrir. Si tout le plant meurt et retourne au sol, c'est qu'il n'est plus vivant. Un groupe de feuilles doit subsister pour que le plant survive et se remette. Un réensemencement peut être nécessaire si moins de 40 à 54 plants viables par $0,25\text{ m}^2$ (15 à 20 plants viables par pied carré) survivent.

Il n'y a généralement aucun avantage à couper des plants de luzerne gelés. La coupe ne favorisera pas le rétablissement, et la qualité du fourrage diminuera rapidement. Une forte gelée, tout comme la coupe, détruit les points végétatifs. Il faudrait que la repousse s'effectue à partir des nouveaux bourgeons du collet, mais elle pourrait affaiblir davantage le peuplement. Le rendement de la récolte sera très faible, et sa qualité, mauvaise. Dans les pires cas, la luzerne gelée qui est récoltée risque de contenir des concentrations élevées de nitrates.

Espèces de *Sorghum*

Les espèces du genre *Sorghum* (sorgho, herbe du Soudan et hybrides sorgho-herbe du Soudan) sont des graminées annuelles de saison chaude qui ont une faible tolérance au gel. Même un léger gel peut interrompre leur croissance et causer la libération rapide d'acide prussique (aussi appelé acide cyanhydrique, cyanure d'hydrogène ou HCN) à l'intérieur des plants (figure 10-1).

MISE EN GARDE

Un taux élevé d'acide prussique peut être mortel pour le bétail. La mort survient généralement dans les 20 minutes suivant l'ingestion de sorgho contenant une forte concentration de cet acide.



Figure 10-1. Le sorgho semble souvent mort après un gel léger, mais une repousse est possible. Même après la dissipation de l'acide prussique due au gel, son taux dans la nouvelle repousse demeure élevé.

C'est au début de l'automne, entre la première gelée et la première gelée meurtrière, que le risque de libération d'acide prussique est le plus élevé. Aucun signe n'indique que les plants contiennent beaucoup d'acide prussique. Les concentrations sont plus élevées dans les nouvelles repousses; il est donc plus prudent d'attendre après une gelée meurtrière pour s'assurer que la culture est détruite avant de gérer une récolte de sorgho d'automne. Le sorgho est détruit par le gel à $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Après une gelée meurtrière, il faut attendre de trois à cinq jours pour que la culture se flétrisse un peu avant de procéder à l'ensilage traditionnel ou en balles. Les taux d'acide prussique diminuent pendant la fermentation. La récolte doit être complètement fermentée avant d'être donnée aux animaux, ce qui peut prendre de six à huit semaines.

Il existe peu d'information sur la façon de gérer le sorgho qui a été coupé, mais qui se trouvait toujours dans le champ au moment du gel. On sait toutefois que les processus cellulaires, comme la respiration et la photosynthèse, se poursuivent après la coupe tant que les feuilles ont suffisamment d'eau et d'oxygène. On recommande donc de respecter le même temps d'attente (de trois à cinq jours) que lorsque la culture subit une gelée juste avant d'être coupée.

Dans le cas du sorgho brouté, il est généralement plus simple, lorsqu'on prévoit une gelée, de sortir le bétail du pâturage avant qu'elle n'arrive. Les concentrations d'acide prussique sont plus élevées dans le plant tout juste après la gelée, et comme celle-ci se produit souvent très tôt le matin, il vaut mieux avoir déjà déplacé le bétail.

La gelée arrive parfois de façon imprévue. Immédiatement après une gelée, il faut retirer le bétail du pâturage jusqu'à ce que ce dernier soit sec (généralement au bout de six ou sept jours). Si de nouvelles pousses se forment, il faut effectuer une récolte par ensilage plutôt que par broutage.

La concentration d'acide prussique est toujours plus élevée dans les feuilles que dans les tiges. Comme le bétail préfère manger les feuilles, il risque davantage de s'empoisonner à l'acide prussique lorsqu'il broute, ne serait-ce qu'un peu.

Domages causés par la glace

La glace limite la quantité d'oxygène disponible pour les racines des plants, et les couches de glace ou l'englacement peuvent étouffer une culture fourragère. Les pertes de peuplement à grande échelle sont toutefois rares. Habituellement, il y a assez de tiges qui percent la couche de glace pour permettre à l'oxygène d'atteindre les collets. De fortes accumulations de glace peuvent causer des pertes de peuplement par plaques (tableau 10-4) là où les plants étaient déjà soumis à un stress ou aux endroits où la glace était suffisamment épaisse

pour recouvrir complètement la zone. Il s'agit généralement d'endroits creux où l'eau s'accumule et où la glace est plus épaisse et reste plus d'une ou de deux semaines.

Tableau 10-4. Tolérance à la glace de certaines graminées fourragères vivaces de saison fraîche

Espèces	GT ₅₀ (jours)
Dactyle pelotonné	9
Fétuque des prés	13
Vulpin des prés	18
Fétuque rouge traçante	22
Alpiste roseau	26
Pâturin des prés	27
Fléole	37

Remarque : GT₅₀ est le nombre moyen de jours qu'il faut à la glace pour détruire la moitié du peuplement.
Source : D'après Gudleifsson et autres, 1986^[2].

Selon une étude menée en Ontario par Bowley et McKersie (1990), lorsque les collets de la luzerne sont recouverts de glace, plus de 50 % du peuplement meurt en moins de 10 jours^[3].

Déchaussement

Dans les sols mouillés à l'arrivée de l'hiver, le gel et le dégel répétés peuvent entraîner le déchaussement des cultures fourragères hivernantes. La dilatation et la contraction de l'eau dans le sol ont pour effet de soulever les plants du sol, un peu comme un poteau de clôture. Les plants déchaussés, dont le collet se trouve au-dessus du niveau du sol, risquent davantage de se dessécher et de mourir. Un déchaussement important peut briser la racine pivotante des légumineuses, laissant peu de chance de survie.

Les facteurs qui augmentent le risque de déchaussement par le gel comprennent :

- les sols à texture lourde (argileux);
- les sols saturés d'eau au début de l'hiver;
- les sols dont le drainage souterrain est limité;

- les champs qui manquent d'isolant et de résidus qui retiennent la neige en raison d'une récolte automnale;
- les semis de fin d'été qui n'ont pas eu le temps de former un système racinaire suffisant avant l'hiver.

La luzerne présente des facteurs de risque supplémentaires :

- les peuplements plus âgés présentant des racines pivotantes et des collets de grande dimension;
- les champs de luzerne seule (par opposition aux mélanges luzerne-graminées).

Il ne faut pas utiliser de cultitasseur ni de rouleau dans les champs où les cultures ont été déchaussées; cela pourrait endommager et briser les collets et être plus nuisible qu'utile. Au moment de la récolte, il faut hausser la barre de coupe pour éviter d'endommager le collet.

Les peuplements qui sont légèrement déchaussés se rétabliront probablement par eux-mêmes au fil de la saison grâce au tassement naturel et à la croissance des racines secondaires. Si les collets restent surélevés l'hiver suivant, ceux qui sont exposés seront plus vulnérables au dessèchement, au gel, aux dommages mécaniques et aux maladies, et les plants seront plus vulnérables à la destruction par l'hiver.

Dans le cas de la luzerne, si le déchaussement des collets est de moins de 2,5 cm (1 po), la racine pivotante n'est probablement pas brisée, et le peuplement peut être sauvé. Par contre, s'il est de plus de 3,75 cm (1 ½ po), la racine pivotante est probablement brisée. Le déchaussement peut parfois soulever les collets de 15 à 20 cm (6 à 8 po) hors du sol (figure 10-2). De toute évidence, les racines pivotantes brisées ne peuvent pas se régénérer. Les plants brisés verdissent avant de mourir, selon la profondeur à laquelle se produit la cassure. Il faudra donc déterrer des plants afin d'évaluer les dommages. Les plants dont la racine pivotante est brisée à une profondeur de

7,5 à 10 cm (3-4 po) sous le niveau du sol mourront probablement bientôt. Une partie d'une première coupe pourrait être sauvée si les racines sont brisées à plus de 15 à 20 cm (6 à 8 po). Selon la hauteur de soulèvement des collets, il pourrait être difficile de faire la récolte sans les abîmer davantage. Si c'est possible, il faudrait faire passer ces champs au maïs et tirer avantage de la présence de l'azote.



Figure 10-2. Déchaussement de la luzerne par le gel.

Excès d'eau

Sols saturés

Roots need both water and oxygen in the soil to Les racines ont besoin d'eau et d'oxygène dans le sol pour bien se développer. Lorsque le sol est saturé, l'eau occupe tout l'espace poral et ne laisse pas de place à l'air. Si le sol est saturé trop longtemps, les racines des plants mourront, ce qui peut favoriser la pourriture des racines (infections secondaires) (voir le chapitre 13, *Maladies*).

Les plants tolèrent mieux les sols saturés lorsqu'ils sont en dormance ou qu'ils croissent lentement (tableau 10-5). À mesure que le temps se réchauffe et que les taux de croissance augmentent, les racines ont besoin de plus d'oxygène. Par conséquent, leur tolérance aux sols saturés diminue.

Tableau 10-5. Tolérance aux sols saturés de certaines espèces vivaces de saison fraîche au printemps

Espèces	Durée
Luzerne	1-2 semaines
Trèfle d'Alsike	2-3 semaines
Trèfle rouge	3-4 semaines
Bromes	3 semaines et plus
Fétuque des prés	6 semaines et plus
Vulpin des prés	6 semaines et plus
Fléole	6 semaines et plus

Adapté d'Agriculture, Alimentation et Initiatives rurales Manitoba, 2012^[4].

Inondations

Les inondations empêchent l'oxygène d'atteindre le collet du plant. L'eau mouvante contient souvent plus d'oxygène que l'eau stagnante. Les fourrages peuvent donc généralement survivre plus longtemps dans les eaux de crue en mouvement. La plupart des vivaces tolèrent mieux les inondations que les annuelles. Les plants en croissance ont besoin de beaucoup plus d'oxygène que les plants en dormance. Le moment de l'année où survient l'inondation influera donc sur la capacité du peuplement fourrager à s'en remettre. Par exemple, la luzerne en dormance peut survivre de 7 à 10 jours à une inondation; si elle est en croissance active, elle pourra y survivre 3 ou 4 jours.

L'excès d'eau peut augmenter le risque de maladies des plantes en créant un environnement propice aux champignons et aux bactéries. Les inondations peuvent introduire dans la culture des agents pathogènes qui peuvent rendre le bétail malade. De plus, les dépôts de limon laissés par les eaux de crue peuvent étouffer un peuplement fourrager. La luzerne tolère mieux le colmatage que le trèfle blanc. De nombreuses espèces vivaces pousseront à travers des dépôts de limon de 5 cm (2 po), pourvu que l'encroûtement du sol ne pose pas problème.

Il faut attendre deux ou trois semaines après le retrait des eaux de crue pour évaluer la survie de la culture. Pour ce faire, il faut déterrer des racines pour vérifier si elles sont saines et y déceler toute maladie qui pourrait limiter le rendement futur du peuplement.

Les dépôts de limon font augmenter la teneur en cendres du fourrage. Il faut donc analyser ce dernier pour s'assurer que la ration contient suffisamment d'éléments nutritifs. Pour en savoir plus sur les cendres, voir le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*^[5].

Manque d'eau

Les graminées vivaces de saison fraîche font face à un manque prolongé d'eau en période de dormance. Le matériel foliaire brunit et semble mort, mais le collet du plant est toujours vivant. Comme c'est le cas après leur dormance hivernale, les graminées qui sortent de leur période de dormance après une sécheresse dépendent de l'énergie emmagasinée dans leurs racines et la partie inférieure de leurs tiges pour repousser. Les plants broutés ou coupés avant d'avoir pu reconstituer leurs réserves seront affaiblis, offriront un rendement moindre et seront plus vulnérables pendant l'hiver. Il vaut mieux attendre que les graminées aient trois ou quatre nouvelles feuilles pleinement développées, ce qui leur laissera le temps de refaire leurs réserves d'énergie et leur permettra de résister au stress dû à la défoliation.

Les plants de luzerne ayant subi un stress modéré dû au temps sec peuvent poursuivre leur croissance, mais avec des tiges moins nombreuses et moins longues. Le plant produit alors des glucides qui sont emmagasinés dans le système racinaire et qui constituent une réserve d'énergie pour la repousse après la coupe et lorsque l'humidité revient. Par temps sec, on peut effectuer la coupe si la croissance de la luzerne est suffisante pour la justifier économiquement et si l'on peut maintenir l'intervalle prévu entre les récoltes. En présence d'un important stress hydrique, la croissance du plant s'interrompt temporairement.

La coupe de la luzerne après le retour de la pluie (surtout au stade de la floraison) stimule la repousse parce qu'elle facilite la croissance de nouveaux bourgeons à partir du collet.

Par ailleurs, la coupe du trèfle rouge pendant une sécheresse extrême peut réduire les peuplements. Le lotier corniculé constitue aussi des réserves de glucides moindres dans son système racinaire pendant l'été, de sorte que son potentiel de repousse est meilleur si la coupe est effectuée à un stade de maturité plus avancé, lorsque les chaumes sont plus longs.

Il existe de grandes variations entre les champs de maïs ayant subi un stress hydrique. Certains peuvent présenter des plants de faible hauteur avec davantage d'épis normaux. Malgré les rendements réduits, la qualité du fourrage peut être presque normale. Ailleurs, les plants ont une hauteur presque normale, mais de très petits épis ou pas d'épis du tout. Les productrices et producteurs qui tentent de récupérer le maïs-grain endommagé par la sécheresse sous forme de fourrage doivent être conscients de certains des effets sur la récolte et la qualité nutritionnelle. À l'ensilage, il est essentiel que la teneur en eau des plants entiers soit adéquate, ce qui est souvent difficile à déterminer.

Il ne faut pas oublier les risques d'intoxication du bétail aux nitrates (voir le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*). Les nitrates s'accumulent dans le maïs et les graminées lorsqu'ils sont en grande quantité dans le sol et que le manque d'humidité nuit à la croissance normale des plants. Ce phénomène risque plus souvent de se produire après une pluie qui suit une période sèche (voir ci-après). L'accroissement du risque d'accumulation de nitrates s'accompagne également d'une augmentation du risque de formation de gaz d'ensilage. Pour en savoir plus sur les dangers liés au gaz d'ensilage, voir le chapitre 15, *Stockage*.

Grêle

Les dommages causés par la grêle entraînent une diminution de la surface foliaire et, donc, du rendement du fourrage. Malgré tout, les répercussions à long terme sur les graminées sont minimes, puisque les points végétatifs de la plupart des plants sont bas. La réduction de la surface foliaire causée par la grêle peut aussi contribuer à l'accumulation de nitrates chez certaines espèces à croissance rapide (voir ci-après).

Luzerne et trèfle rouge

Les points végétatifs de la luzerne et du trèfle rouge se trouvent à l'extrémité des tiges. Si la grêle élimine ces points végétatifs, la repousse doit se faire à partir du collet. Lorsque moins de 50 % des extrémités des tiges sont éliminées, on recommande aux productrices et producteurs de couper les plants au moment prévu de leur maturité. Ils doivent toutefois s'attendre à une baisse de rendement. La coupe de plants légèrement endommagés par la grêle n'augmentera pas le rendement.

Si plus de 50 % des extrémités des tiges sont éliminées par la grêle dans un peuplement contenant surtout de la luzerne ou du trèfle rouge, d'autres variables entrent en ligne de compte dans la gestion de la récolte. Dans les champs cultivés pour l'ensilage traditionnel ou en balles, la culture endommagée risque de moisir si elle est laissée sur pied, ce qui pourrait nuire à la fermentation et à la qualité fourragère. Il convient alors de hacher ou de faucher la récolte au fléau à une hauteur de 10 à 15 cm (4 à 6 po) et de la laisser dans le champ. La repousse peut être récoltée lorsqu'elle atteint la maturité voulue. Dans les champs cultivés pour la production de foin sec, la récolte peut s'effectuer immédiatement après la grêle si le rendement le justifie. Dans ce cas, le rendement n'augmentera pas avec le temps puisque de trop nombreux points végétatifs auront été éliminés. Si le rendement est insuffisant pour justifier la récolte du foin, il faut attendre que la repousse arrive à maturité avant

de couper. Le fait de couper la culture endommagée n'a pas pour effet de favoriser la repousse ni d'améliorer le rendement. De plus, le problème de la détérioration de l'ensilage n'est pas aussi grave en ce qui concerne le foin sec pour les ruminants.

Les nouvelles plantules sont plus vulnérables aux dommages causés par la grêle que les peuplements établis. Si les jeunes plants n'ont pas encore de collet, leur seul point végétatif se situe au sommet de la tige. Le plant mourra si ce point végétatif est éliminé par la grêle. Habituellement, le collet se forme lorsque la plantule de luzerne ou de trèfle rouge atteint de 7,5 à 10 cm (3-4 po) de hauteur. Au toucher, le collet présente une aspérité entre la racine et la partie aérienne. En général, la plantule qui a un collet peut produire une nouvelle tige; elle se remettra donc des dommages causés par la grêle, même si le point végétatif à l'extrémité de la tige a été éliminé. Si l'on compte plus de 67 plants par 0,25 m² (25 plants par pi²) qui ont une chance de survie, le peuplement peut être maintenu; si l'on en dénombre moins, le peuplement devrait être ressemé^[6].

Maïs

Les effets de la grêle sur le rendement du maïs-grain à différents stades de croissance ont fait l'objet d'études (voir le chapitre 1 de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*), mais il y a peu d'information sur les dommages causés par la grêle au maïs à ensilage. Le rendement en grains du maïs varie selon l'ampleur de la défoliation et le stade de croissance. Les pertes augmentent au fil des stades végétatifs, culminent à la floraison, puis diminuent aux stades de remplissage des grains. En général, la défoliation des cultures fourragères est synonyme de perte de rendement. L'effet cumulatif ou proportionnel de la défoliation et de la perte de rendement en grains dépend également du stade de croissance du maïs au moment où la grêle survient. Étant donné que la plupart des études réalisées sur la perte de rendement causée par la grêle portent sur le maïs-grain, il est difficile

de faire une estimation de la perte pour le maïs à ensilage. La meilleure façon de déterminer le rendement est de peser la récolte et de mesurer sa teneur en eau.

Les dommages causés par la grêle constituent une porte d'entrée pour certains types de maladies des feuilles et des tiges. Des essais ont permis d'évaluer si les fongicides foliaires pouvaient contribuer à améliorer le rendement à la suite de dommages mécaniques semblables à ceux que cause la grêle; de manière générale, on n'a pas observé d'amélioration comparativement à la situation où il n'y avait pas eu de dommages^[7,8]. Cela témoigne peut-être du fait que les fongicides foliaires protègent contre des maladies fongiques (helminthosporiose du Nord du maïs, rouille commune, taches grises, piétin-verse) qui ne nécessitent pas de blessures dans le plant pour l'infecter.

Parmi les maladies opportunistes qui profitent des blessures aux plants pour les infecter, citons le flétrissement bactérien, les charbons et les pourritures des tiges ou des épis. La plupart des hybrides de maïs-grain modernes présentent habituellement une bonne résistance aux charbons, et jusqu'à maintenant, le flétrissement bactérien de Goss n'a pas été observé en Ontario. Par ailleurs, la majorité des hybrides offrent une bonne protection contre la maladie de Stewart, mais pour qu'il y ait infection, il doit d'abord y avoir des dommages causés par l'alimentation des altises. Les fongicides foliaires ne protègent pas contre ces maladies.

Certains fongicides sont homologués pour empêcher les pourritures de l'épi et de la tige, dont les risques peuvent être plus prononcés à la suite de dommages dus à la grêle, mais il y a peu d'études sur la protection contre ces maladies en ce qui concerne les épisodes de grêle^[7,8].

Accumulation de nitrates

Le stress d'origine météorologique peut causer l'accumulation de nitrates chez les plants à croissance rapide. Le maïs, le sorgho, l'herbe du Soudan, le millet, les céréales, le ray-grass d'Italie et les mauvaises herbes à croissance rapide, comme le chénopode blanc et l'amarante, peuvent tous accumuler de grandes quantités de nitrates. Les fourrages ayant des teneurs élevées en nitrates peuvent provoquer une intoxication chez le bétail.

Plusieurs facteurs connus font augmenter le risque de concentration élevée de nitrates dans les cultures à croissance rapide :

- **Fertilisation élevée du sol en azote.** Cela peut être attribuable aux engrais, à l'épandage de fumier, aux cultures couvre-sol de légumineuses ou à la luzerne détruite par l'hiver.
- **Grêle, gel ou longues périodes de temps nuageux.** Dans ces conditions, les racines des plants absorbent les nitrates, mais les feuilles sont incapables de les transformer en acides aminés assez rapidement pour prévenir l'accumulation.
- **Périodes de temps sec suivies d'une averse de pluie.** Les nitrates se déplacent avec l'eau du sol pour atteindre les racines. Par conséquent, une averse après une vague de sécheresse favorise l'absorption d'une grande quantité d'azote dans le plant. Il faut entre cinq et sept jours pour que le plant métabolise tous ces nitrates. C'est donc la première semaine après une averse que les concentrations sont les plus élevées.

Une bonne fermentation peut réduire la concentration de nitrates de 25 à 65 %. Il est important que la culture ait un taux d'humidité approprié selon le silo utilisé (voir le chapitre 14, *Récolte*, et le chapitre 15, *Stockage*). Si la culture est trop humide ou trop sèche, la fermentation ne se fera pas correctement, et la concentration de nitrates demeurera élevée. Les balles sont généralement trop sèches pour fermenter complètement. Il ne faut donc pas s'attendre à ce qu'elles réduisent la concentration de nitrates autant que la mise en silos. La concentration de nitrates est stable dans le foin sec; si elle est élevée au moment de la récolte, elle demeurera élevée.

Les nitrates s'accumulent surtout dans les parties inférieures du plant. Par conséquent, on recommande généralement de couper le plant plus haut pour réduire la concentration de nitrates dans le fourrage. Cependant, si les stocks de fourrage posent un problème, il vaudrait mieux faire la récolte à la hauteur de coupe normale, laisser la culture fermenter pendant au moins trois à cinq semaines, puis effectuer une analyse en laboratoire pour vérifier la concentration de nitrates, de sorte que le fourrage puisse être mélangé au besoin avant d'être donné aux animaux. Le chapitre 16, *Analyse et classement des fourrages*, donne des conseils pour l'interprétation des résultats d'analyse de la concentration de nitrates et la distribution de fourrages à forte concentration de nitrates.

Références

1. BOWLEY, S.R., et H. WRIGHT. *Risque de destruction hivernale de la luzerne*, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario, novembre 1991. [www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/91-077.htm].
2. GUDLEIFSSON, B.E., C.J. ANDREWS et H. BJORNSSON. « Cold Hardiness and Ice Tolerance of Pasture Grasses Grown and Tested in Controlled Environments », dans *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 66, 1986, p. 601-608.
3. BOWLEY, S.R., et B.D. MCKERSIE. « Relationships Among Freezing, Low-Temperature Flooding and Ice Encasement Tolerance in Alfalfa », dans *Canadian Journal of Plant Science*, vol. 70, 1990, p. 227-235.
4. AGRICULTURE, ALIMENTATION ET INITIATIVES RURALES MANITOBA. *Forage and Rangeland Restoration Reference Guide*, 2012. [www.gov.mb.ca/agriculture/crops/crop-management/forages/pubs/forage_restoration_guide.pdf].
5. UNDERSANDER, D. *Recovering Flooded Forages*, University of Wisconsin-Extension, 2016. [fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2016/10/Recovering-Flooded-Forages-edited.pdf].
6. UNDERSANDER, D. *Managing Hail Damaged Alfalfa and Red Clover*, University of Wisconsin-Extension, 2016. [fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2016/03/Hail-damage-to-alfalfa-and-clover.pdf].
7. BRADLEY, C.A., et K.A. AMES. « Effect of Foliar Fungicides on Corn with Simulated Hail Damage », dans *Plant Disease*, vol. 94, 2010, p. 83-86.
8. SISSON, A.J., Y.R. KANDEL, A.E. ROBERTSON, C.E. HART, A. ASMUS, S.N. WIGGS et D.S. MUELLER. « Effect of Foliar Fungicides on Hail-Damaged Corn », dans *Plant Health Progress*, vol. 17, 2016, p. 6-12.

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Luzerne endommagée par le gel, 2012.

[www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/frostdamaged.htm].

La gestion des fourrages pendant les années sèches, 2003. [www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_fordry.htm].

Évaluation des peuplements de luzerne, 2000.

[www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_alfalfa_stand00.htm].

Risque de destruction hivernale de la luzerne [fiche technique 91-077], 1991.

« *Hail, Hail, Go Away* », dans *Field Crop News* [En ligne], 2018. [fieldcropnews.com/2018/09/hail-hail-go-away].

Lutte contre les mauvaises herbes

Les mauvaises herbes font concurrence aux cultures fourragères pour l'accès à l'eau, aux rayons du soleil et aux éléments nutritifs. Une abondance de mauvaises herbes peut diminuer le rendement, la qualité et la persistance des peuplements fourragers. Pour déterminer l'effet des mauvaises herbes sur la qualité du fourrage, il importe de distinguer entre la faible qualité et les dommages. La qualité du fourrage destiné aux ruminants dépend principalement de sa concentration en éléments nutritifs. Les mauvaises herbes réduisent la qualité du fourrage puisqu'elles contiennent peu d'éléments nutritifs. Elles ont une forte teneur en lignine ou une faible teneur en protéines ou en fibres digestibles. En quantité suffisante, elles peuvent entraîner des résultats insatisfaisants lors d'une analyse de la qualité du fourrage. Certaines mauvaises herbes font baisser la qualité à cause de leurs composants dommageables (toxines) pour la santé et la production animales. Pour en savoir plus, voir la section *Mauvaises herbes vénéneuses* plus loin dans le présent chapitre. Les mauvaises herbes vénéneuses peuvent contenir une faible ou forte concentration d'éléments nutritifs, et une analyse ordinaire du fourrage ne révélerait pas nécessairement de problème.

La gestion des peuplements de mauvaises herbes est essentielle durant l'année d'établissement des cultures fourragères vivaces. Nombre de ces cultures s'établissent lentement, particulièrement

les légumineuses. Le début de la croissance des mauvaises herbes est souvent plus rapide. Les champs déjà envahis par les mauvaises herbes vivaces ne sont pas de bons candidats pour le semis de nouvelles cultures fourragères vivaces. La meilleure façon de prévenir les problèmes durant l'année d'établissement et la première année de production est de combattre les mauvaises herbes avant de semer la culture fourragère.

Selon l'inventaire des mauvaises herbes du fourrage réalisé en 2007, voici les mauvaises herbes les plus courantes dans les champs de foin ontariens :

- Pissenlit
- Chénopode blanc
- Petite herbe à poux
- Céraiste
- Plantain à grandes feuilles
- Bourse-à-pasteur
- Chiendent commun
- Vesce jargeau
- Céraiste vulgaire
- Amarante à racine rouge

Fertilité du sol

Une culture fourragère vivace établie arrive souvent à éliminer les mauvaises herbes si le peuplement est dense et que le sol du champ est assez fertile. Pour de plus amples renseignements sur l'échantillonnage du sol et l'apport d'éléments nutritifs aux cultures, voir le chapitre 2, *Fertilité du sol et éléments nutritifs*, ainsi que les sections sur la fertilité des chapitres traitant des cultures. Un sol fertile ne suffit pas pour réduire la présence de mauvaises herbes, mais il est essentiel à la préservation d'un peuplement fourrager productif et moins susceptible d'attirer les mauvaises herbes.

Fauchage

Le fauchage peut empêcher les mauvaises herbes de grener. Il fonctionne souvent mieux contre les mauvaises herbes annuelles s'il est réalisé pendant la floraison, mais avant la grenaison. De cette façon, on réduit la capacité des plantes à repousser tout en empêchant la dispersion de nouvelles graines dans le champ. Le fauchage est une technique incontournable de lutte contre les mauvaises herbes durant l'année d'établissement des cultures fourragères vivaces. Non seulement il permet de diminuer la quantité de graines de mauvaises herbes produites, mais il favorise le tallage des graminées fourragères, ce qui rend le peuplement plus dense et empêche la prolifération des mauvaises herbes les années suivantes.

On procède parfois au fauchage répété pour épuiser les réserves racinaires des mauvaises herbes vivaces. Comme les cultures fourragères vivaces, ces mauvaises herbes ont habituellement de vastes systèmes racinaires qui emmagasinent de l'énergie en vue de la repousse. Cependant, elles ne sont pas aussi adaptées à la défoliation répétée que les espèces fourragères cultivées. Le fauchage répété peut éliminer les mauvaises herbes vivaces d'un peuplement.

Travail du sol

Une autre méthode mécanique de lutte contre les mauvaises herbes est le travail du sol.

Charrue à socs

L'utilisation d'une charrue à socs l'automne, avant le semis, s'impose lorsqu'on plante des cultures dans des champs comptant de forts peuplements de mauvaises herbes bisannuelles ou vivaces, comme la carotte sauvage, la petite bardane, la matricaire inodore, le panais sauvage, la patience crépue et le séneçon jacobée. Il s'agit de la méthode la plus efficace pour lutter contre les annuelles d'hiver aux racines profondes qui deviennent incontrôlables après l'établissement de légumineuses fourragères. La vergerette du Canada, qui résiste aussi au glyphosate, est un bon exemple de mauvaise herbe qui s'élimine mieux avec une charrue à socs.

Faux semis sur planches d'ensemencement

Le faux semis sur planches d'ensemencement est une technique efficace pour préparer un champ avant le semis de sorte que la culture émerge en premier et prenne le dessus sur les mauvaises herbes. La préparation d'un faux semis sur planches d'ensemencement est simple :

Étape 1 : Préparer un lit de semence en travaillant superficiellement le sol plusieurs semaines avant le semis.

Étape 2 : Les graines de mauvaises herbes germent, et les plantules émergent les jours suivants.

Étape 3 : Éliminer les mauvaises herbes en perturbant le sol le moins possible pour éviter de favoriser l'émergence d'autres plantules. On utilise habituellement du glyphosate, car il permet de combattre des plantes de diverses espèces et de tailles variées. En production biologique, on utilise plutôt des pyrodés herbicides ou des outils de sarclage superficiel.

Étape 4 : Semer la culture dans le faux semis sur planches d'ensemencement dès que possible.

Herbicides

On utilise parfois des herbicides pour lutter contre les mauvaises herbes tenaces. Les herbicides sélectifs sont efficaces sur les graminées comme sur les plantes herbacées non graminéïdes à feuilles larges, y compris les légumineuses. L'utilisation d'herbicides dans les peuplements mixtes nécessite souvent le réensemencement des espèces productives après le traitement.

Les étiquettes des herbicides recommandent un délai d'attente avant la récolte, soit un intervalle de temps à respecter entre la pulvérisation et la coupe ou le broutage. Les herbicides ne conviennent pas tous aux fourrages, même si leur étiquette indique qu'ils sont conçus pour être utilisés sur les cultures fourragères – surtout les espèces couramment destinées à la production de céréales. Certaines étiquettes mentionnent clairement que le produit ne peut pas être utilisé sur les cultures destinées à l'alimentation, au fourrage ou à l'ensilage. D'autres encore ne mentionnent pas l'ensilage ni le fourrage. Les effets de ces produits sur le bétail n'ont pas été testés, et les cultures traitées avec ceux-ci ne doivent donc pas servir à l'alimentation.

Souvent, les mauvaises herbes vivaces sont plus sensibles aux herbicides l'automne, avant une gelée meurtrière. Les mauvaises herbes déplacent activement les glucides vers leurs racines pour les y emmagasiner et diffusent plus facilement les herbicides systémiques par la même occasion.

Voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures pour de plus amples renseignements sur les options de lutte chimique contre les mauvaises herbes, y compris les solutions adaptées à des mauvaises herbes et à des cultures précises.

Mauvaises herbes vénéneuses

Certaines plantes contiennent des composés qui peuvent rendre les animaux malades. En Ontario, il est rare que le bétail s'empoisonne avec de mauvaises herbes toxiques. Dans la mesure du possible, les animaux évitent naturellement de manger ce qui ne fait habituellement pas partie de leur alimentation. Par conséquent, ils risquent surtout de s'empoisonner s'ils sont forcés de consommer une plante vénéneuse, par exemple s'ils manquent de pâturage à brouter et ne reçoivent pas rapidement de fourrage supplémentaire.

Le risque d'empoisonnement par des mauvaises herbes toxiques diminue lorsque le bétail consomme du fourrage en réserve. Il faudrait que les mauvaises herbes soient passées inaperçues durant la croissance, la récolte, le stockage et l'affouragement. De plus, il faudrait que le bétail soit incapable de trier le fourrage, par exemple s'il est nourri selon un système à ration totale mélangée. Même dans ce cas, la ration contiendrait de nombreux ingrédients qui réduisent la concentration de toxines et le risque d'empoisonnement. Comme le risque d'empoisonnement par les mauvaises herbes est faible, il n'est généralement envisagé que si de multiples animaux présentent des symptômes sans cause plus probable.

Non seulement il est peu probable qu'un animal mange une plante potentiellement vénéneuse, mais le risque d'empoisonnement dépend de la concentration de toxines (qui varie selon la nature de la substance chimique, le stade de maturité de la plante et les conditions de croissance), de la vulnérabilité de l'animal et de la quantité de plantes consommée.

L'inventaire des mauvaises herbes du fourrage effectué en 2007 a recensé les mauvaises herbes vénéneuses les plus courantes dans les champs de foin ontariens. On en a dénombré dans moins de 5 % des champs examinés.

Morelle noire de l'Est *Solanum ptycanthum*

La morelle noire de l'Est est une plante annuelle qui se reproduit seulement par germination. Elle pousse dans le Sud de l'Ontario dans les bois dégagés et secs, à la lisière des pâturages, sur les terrains incultes et dans les champs cultivés, surtout les cultures en rangs.

L'hypocotyle (la tige sous le cotylédon) des plantules a des poils et peut être vert ou bordeaux. Le cotylédon est ovale et lisse; sa face supérieure est verte, et sa face inférieure est bordeaux (figures 11-1 et 11-2). Les tiges sont dressées et mesurent de 5 à 100 cm (2 à 40 po) de hauteur. Elles sont essentiellement sans poils et ramifiées dans leur partie supérieure. Les feuilles alternes (une par nœud) en forme d'ovale ou de losange sont vert clair, lisses et presque translucides (figure 11-3). Les fleurs sont petites et habituellement disposées en ombelle par groupes de deux à cinq. Elles poussent au bout d'un court pédoncule attaché au côté de la tige. Les pétales sont blancs et parfois teintés de pourpre. Les fleurs ressemblent à celles de la pomme de terre, mais sont plus petites, avec un diamètre de 9 à 15 mm. Les fruits sont des baies vertes qui deviennent noires à maturité et contiennent des graines plates (figure 11-4). Ces baies seraient vénéneuses. La morelle noire de l'Est fleurit de juin à la fin de l'automne. Elle a une mince racine pivotante et un système racinaire fasciculé ramifié. Elle est souvent confondue avec les plantules d'amarante.



Figure 11-1. La face supérieure des feuilles des plantules de morelle noire de l'Est est verte.



Figure 11-2. La face inférieure des feuilles des plantules de morelle noire de l'Est est bordeaux.



Figure 11-3. Morelle noire de l'Est.



Figure 11-4. Les baies de morelle noire de l'Est sont d'abord vertes, puis noires à maturité.

MISE EN GARDE

Les solanacées contiennent souvent des glycoalcaloïdes, qui ont un goût amer et sont mal absorbés dans le tube digestif, ce qui cause de l'irritation et des symptômes allant des borborygmes aux vomissements (ou aux coliques chez les chevaux) et à la diarrhée. À forte dose, ces plantes peuvent endommager le système nerveux des animaux et causer une perte de coordination, des faiblesses, des tremblements, la paralysie, des troubles respiratoires, un ralentissement de la fréquence cardiaque et l'hypotension artérielle. Les symptômes d'une intoxication aiguë apparaissent rapidement, et en général, les animaux s'en remettent ou en meurent en un jour ou deux.



La lutte mécanique contre la morelle noire de l'Est est particulièrement efficace quand les plantes sont en fleurs. Il faut alors les arracher ou les faucher, puis les brûler. L'Ontario compte des peuplements résistants aux sulfonylurées et aux imidazolinones (groupe 2 de la Weed Science Society of America). Comme la morelle germe toute l'année, il faut généralement appliquer des mesures de lutte répétées, peu importe la méthode choisie^[1].

Prêle des champs

Equisetum arvense

La prêle des champs est une plante vivace ne produisant ni fleurs ni graines, mais se reproduisant par des spores et par des tiges souterraines horizontales (rhizomes). Elle se distingue par ses pousses gris cendré sans ramifications ni feuilles avec à leur extrémité des cônes sporifères

brunâtres apparaissant au début du printemps, puis vers la fin du printemps ou le début de l'été, par ses verticilles de six à huit rameaux sans feuilles et par l'absence de fleurs (figure 11-5).



Figure 11-5. La prêle des champs produit des tiges fructifères brunâtres au printemps, puis des tiges vertes portant des rameaux sans feuilles vers la fin du printemps ou le début de l'été.

Les rhizomes de la prêle des champs sont brun foncé ou noirâtres et poussent sur de longues distances, souvent à 1 m (3 pi 4 po) de profondeur. Ils produisent à différents moments de l'année de nombreuses tiges aériennes appartenant à deux types. Au début du printemps, elles sont gris cendré ou brun clair, non ramifiées, creuses et nouées. Chaque nœud est entouré d'une gaine dentée, et la tige se termine par un cône brunâtre où se forment les spores. Après la dispersion des spores (au début mai), les cônes pâlisent pour devenir brun clair, se fanent et meurent. Au même moment, un second type de tige apparaît, mince, dressée et creuse, de couleur verte, sans feuilles, mais ornée d'un verticille de six à huit rameaux presque à chaque nœud. Chaque rameau pourra se ramifier et porter des verticilles plus petits. Une petite gaine dentée entoure chaque nœud de la tige et des rameaux; la tige ne se termine jamais par un cône sporifère. Les deux types de tiges se détachent facilement à l'emplacement des nœuds et s'emboîtent comme les sections d'un tuyau de poêle.

On trouve la prêle des champs partout en Ontario, tant dans les dépressions mal drainées que dans les sols sableux ou caillouteux bien drainés, comme les talus de chemin de fer et les bords de route. Elle est très envahissante et peut étouffer les plantes cultivées et non cultivées. La prêle des champs est connue pour être difficile à éliminer.

MISE EN GARDE

La prêle des champs contient une substance qui détruit la vitamine B chez les animaux et qui est particulièrement toxique pour les jeunes chevaux. Il se peut que la prêle séchée dans le foin soit plus toxique que la prêle fraîche dans le champ. Chez les chevaux, la prêle des champs peut causer la perte de poids (sans perte d'appétit), la diarrhée, l'incoordination et, éventuellement, la titubation, de la nervosité, des convulsions en décubitus et la mort par épuisement.



Plusieurs herbicides permettent de détruire la partie aérienne de la plante jusqu'à un certain point seulement, car il est difficile de faire pénétrer l'ingrédient actif assez profondément pour éliminer les rhizomes et les tubercules. La stratégie la plus efficace consiste à attaquer à répétition la partie hors du sol de la plante pendant de nombreuses années pour épuiser les réserves des rhizomes et des tubercules, jusqu'à ce que la plante meure. Les traitements herbicides, l'ombrage, le fauchage et le désherbage manuel sont à privilégier. Il faudra beaucoup de patience pour venir à bout des peuplements établis. Il est recommandé de limiter le sarclage le plus possible, car la plupart du temps, il étend les rhizomes et les tubercules et permet aux plantes de se régénérer ailleurs dans le champ, voire dans d'autres champs si l'équipement n'est pas nettoyé en profondeur.

Asclépiade commune *Asclepias syriaca*

L'asclépiade commune est une plante vivace qui se reproduit par germination et par des racines souterraines qui s'étendent horizontalement et produisent de nouvelles tiges feuillues. Ses tiges dressées mesurent de 1 à 2 m (3 pi à 6 pi 6 po) de hauteur. Elles sont trapues et portent parfois un ou deux rameaux près du sommet. Habituellement, plusieurs tiges reliées au même système racinaire poussent les unes près des autres. Chaque nœud possède deux feuilles opposées ou au minimum trois feuilles verticillées oblongues à base arrondie ou effilée, à sommet arrondi ou légèrement pointu et à bord non denté. La face inférieure est couverte de poils fins et veloutés; la face supérieure est habituellement glabre et d'un vert plus foncé (figure 11-6).



Figure 11-6. Asclépiade commune.

Les fleurs de l'asclépiade commune poussent en ombelles (grappes) denses presque sphériques à l'extrémité de la tige et aux aisselles des feuilles supérieures. Chaque fleur mesure de 5 à 10 mm ($\frac{1}{4}$ à $\frac{3}{8}$ po) de diamètre, est verdâtre, violacée ou blanchâtre, compte cinq sépales minces et cinq lobes de pétales plus larges repliés le long du pédoncule, ainsi que cinq capuchons à corne disposés en couronne autour du sommet (figure 11-7). Les fleurs sont particulièrement bien adaptées à la pollinisation par les insectes. Leur pollen gluant se trouve dans de minuscules structures en « Y » qui adhèrent aux pattes des insectes, mais s'en détachent une fois déposées sur la fleur d'une autre plante. Les fruits sont d'abord verts, charnus, longs de 6,25 à 10 cm ($2\frac{1}{2}$ à 4 po) et couverts de protubérances molles et verruqueuses. Plus tard, ils deviennent bruns et s'ouvrent en une seule fente longitudinale qui libère de nombreuses graines. Habituellement, une ou deux gousses (rarement plus de quatre) se forment à partir des nombreuses fleurs d'une grappe. Les graines sont ovales et plates avec une touffe de longs poils soyeux à une extrémité (figure 11-8). Toutes les parties de la plante (racines, tige, feuilles, fleurs et fruits) contiennent une abondante sève blanche laiteuse et épaisse. L'asclépiade commune fleurit de la mi-juin à août et fructifie d'août à octobre.



Figure 11-7. Fleurs d'asclépiade commune.



Figure 11-8. Gousse d'asclépiade commune.

L'asclépiade commune pousse dans le Sud de l'Ontario dans les pâturages, dans les prés, sur les terrains incultes, sur le bord des routes et sur les terres cultivées. Elle est particulièrement répandue sur l'île Manitoulin et dans la partie centre-est du Sud de l'Ontario, mais elle semble de plus en plus présente dans la plupart des autres régions de la province.

L'asclépiade commune se distingue des autres asclépiades par ses paires de grandes feuilles ovales couvertes de poils doux, ses ombelles de fleurs violacées ou blanchâtres disposées de manière particulière et ses grosses gousses épaisses légèrement bosselées.

MISE EN GARDE

D'autres espèces d'asclépiades sont hautement toxiques pour le bétail, et tout indique que l'asclépiade commune pourrait elle aussi, dans certaines circonstances, être toxique. La toxine contenue dans les asclépiades, le cardénolide, est très amère; les animaux de pâturage évitent donc habituellement de consommer ces plantes. Les cas d'empoisonnement sont souvent dus au foin contaminé par l'asclépiade. Les douleurs abdominales, les ballonnements, les coliques, la diarrhée, les tremblements, les faiblesses, une fréquence cardiaque lente et irrégulière, les difficultés respiratoires, les mouvements d'appui de la tête, l'incoordination et les convulsions font partie des symptômes d'empoisonnement.



Il existe des traitements herbicides contre l'asclépiade commune. Le fauchage répété à intervalles de 21 jours peut aussi être efficace. Une seule coupe stimulera la germination des bourgeons des racines sous la terre. La coupe répétée avant la formation des fruits (gousses) épuisera les réserves racinaires.

Moutarde des champs

Sinapis arvensis, *Brassica kaber*

La moutarde des champs est une mauvaise herbe envahissante que l'on trouve naturellement dans la plupart des régions tempérées d'Europe, d'Asie Mineure, d'Asie du Sud-Ouest et d'Afrique du Nord. Elle a été introduite en Amérique du Nord et pousse maintenant dans toutes les provinces canadiennes ainsi que dans le district du Mackenzie, dans les Territoires du Nord-Ouest.

En Ontario, la moutarde des champs est répandue dans les champs cultivés, les jardins et les pâturages, sur le bord des cours d'eau et des routes et sur les terrains incultes.

La moutarde des champs est une plante annuelle à port dressé. Les plantules ont des cotylédons (feuilles séminales) larges en forme de haricot sec à la pointe renfoncée (figure 11-9). Les plantes plus âgées ont des feuilles alternes, légèrement velues, surtout sur les nervures de la face inférieure. Les feuilles du bas ont généralement un pédoncule, des lobes échancrés avec un grand segment terminal et quelques lobes latéraux plus petits. Les feuilles du haut sont sessiles; elles ne sont généralement pas découpées, mais plutôt grossièrement dentées (figure 11-10). La plante mesure de 30 à 100 cm (12 à 40 po) de hauteur. Les tiges peuvent être simples ou très ramifiées. Les tiges, vertes ou violacées, sont habituellement couvertes de poils hérissés dirigés vers le bas, surtout dans la partie inférieure. Aux extrémités des ramifications, les fleurs apparaissent en petits groupes qui s'allongent à mesure que les gousses se développent.



Figure 11-9. Les plantules de moutarde des champs ont de larges cotylédons en forme de haricot sec à la pointe renfoncée.



Figure 11-10. Les feuilles de moutarde des champs ne sont pas découpées, mais plutôt grossièrement dentées.

Les fleurs, d'un jaune vif, mesurent environ 1,5 cm ($\frac{3}{8}$ po) de diamètre et comportent quatre petits sépales, quatre pétales disposés en croix, quatre grandes étamines et deux petites (six au total) ainsi qu'un pistil mince (figure 11-11). Les tiges florales sont minces et courtes (de 3 à 5 mm ou $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$ po). Elles épaississent quand les gousses se développent, mais ne s'allongent pas. Les gousses, appelées « siliques », mesurent de 2,5 à 5 cm (1-2 po) de longueur. Elles sont généralement glabres et montrent souvent des côtes très prononcées sur la longueur. Elles sont dressées et serrées contre la tige ou encore étendues. Chaque gousse a un bec terminal aplati représentant un tiers de sa longueur totale. Ce bec contient une ou deux graines à la base, tandis que la section principale de la gousse en renferme plusieurs qui sont libérées quand les deux sections de la gousse se séparent à partir de la base et tombent complètement. La moutarde des champs peut être confondue avec d'autres types de moutardes annuelles à fleurs jaunes, mais elle se distingue par son bec terminal aplati contenant une ou deux graines situées entre les valves de la gousse, dont le pédoncule est court et presque aussi épais que la gousse.



Figure 11-11. Moutarde des champs en fleurs.

Les gousses mûres restent normalement intactes jusqu'à la récolte. Les graines de moutarde des champs sont sphériques et mesurent 1,5 mm de diamètre. Elles sont noires ou violacées et paraissent réticulées sous fort grossissement. La moutarde des champs ne se reproduit que par germination, et il faut de 10 à 12 semaines pour que la graine devienne une plante adulte.

La moutarde des champs contient de 2 000 à 3 500 graines par plante, à raison de 10 à 18 graines par gousse. Durant la récolte, les plantes s'égrènent, et de grandes quantités de graines peuvent se répandre sur le sol, être transportées par la machinerie dans d'autres champs ou contaminer les semences fourragères et autres. Certaines graines de moutarde des champs peuvent germer dès leur maturité, mais elles sont tout aussi capables de survivre dans le sol jusqu'à 60 ans, surtout si elles sont enfouies assez profondément. Compte tenu de la longévité de cette mauvaise herbe, il est indispensable de la combattre et de réduire la quantité de graines qui retournent dans le sol, afin de limiter les pertes économiques pour l'année en cours et les suivantes.

La moutarde des champs a bon goût à ses premiers stades de développement, mais les graines ingérées en grandes quantités risquent de causer des maladies graves chez le bétail.

MISE EN GARDE

L'empoisonnement par la graine de moutarde des champs provoque des symptômes de gastroentérite grave due à des toxines telles que l'isothiocyanate d'allyle, la sinapine et la sinalbine. Les symptômes (p. ex. douleurs intenses, salivation, diarrhée, coliques et irritation de la bouche) peuvent se manifester peu après l'ingestion d'une quantité toxique de graines et entraîner la mort. La moutarde des champs contient parfois une grande quantité de glucosinolates pouvant causer l'hypothyroïdie et le goitre.



La moutarde des champs sert d'hôte facultatif à de nombreux insectes, nématodes, champignons, virus, bactéries et autres ennemis qui attaquent les plantes cultivées, notamment celles de la famille *Brassicaceae* (crucifères). Les membres les plus importants de cette famille sont le canola, le brocoli, le chou-fleur, le chou de Bruxelles et le chou ordinaire.

Étant donné que la moutarde des champs est une plante annuelle qui ne se reproduit que par germination, il est possible de la détruire par le sarclage mécanique des plantules. Cependant, la graine germe à peu près en même temps que celle des cultures annuelles semées au printemps, si bien que le sarclage est souvent impossible. Si c'est le cas, il faut choisir parmi les traitements décrits dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures.

Pour détruire la moutarde des champs, on utilise des herbicides appartenant aux groupes chimiques des sulfonilurées (chlorimuron, éthametsulfuron, nicosulfuron, thifensulfuron-méthyl), des imidazolinones (imazéthapyr, imazamox), des triazolopyrimidines (flumétsulam) ou des triazines (atrazine, cyanazine, simazine, métribuzine), des herbicides de type phénoxy (2,4-D, MCPA, MCPB), des urées substituées (linuron, monolinuron, métobromuron), de la bentazone ou des benzonitriles (bromoxynil), ou encore des mélanges en cuve de ces produits. Voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario pour connaître les doses requises de certains herbicides, les mélanges en cuve homologués ainsi que le moment et le mode d'application. Si la moutarde des champs affecte une culture de canola de printemps, il est recommandé d'utiliser de l'éthametsulfuron-méthyl ou une variété de canola résistante aux triazines. En suivant les doses recommandées, il est donc possible de combattre chimiquement la moutarde sans endommager la culture.

Des cas isolés de moutarde des champs résistante aux triazines ont été signalés dans les comtés de Glengarry, de Peel et de Huron. Les personnes qui pensent avoir trouvé de la moutarde des champs résistante aux triazines sont invitées à joindre la ou le spécialiste des cultures du bureau du MAAARO le plus proche ou à envoyer un spécimen de plante à la Clinique de diagnostic phytosanitaire de la Division des services de laboratoire de l'Université de Guelph, 95, ch. Stone Ouest, Guelph (Ontario), N1H 8J7, pour qu'on leur recommande une autre méthode de lutte. Afin de retarder aussi longtemps que possible l'apparition de résistances aux herbicides, il est conseillé de ne pas utiliser année après année des herbicides ayant le même mode d'action, mais plutôt d'employer des mélanges en cuve d'ingrédients actifs homologués ayant des modes d'action différents. Voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario pour de plus amples renseignements sur la gestion de la résistance aux herbicides.

Euphorbe cyprès

Euphorbia cyparissias

L'euphorbe cyprès est une plante vivace se reproduisant par germination et par des racines très étalées et ramifiées qui portent de nombreux bourgeons roses et forment des peuplements denses. Ses tiges dressées mesurent de 10 à 80 cm (4 à 32 po) de hauteur et sont habituellement très ramifiées au sommet. Elle possède de nombreuses feuilles alternes (une par nœud) petites et étroites, linéaires ou en forme de gourdin. Le sommet de la tige, sous l'inflorescence (rameaux florifères), est garni d'un verticille de 10 feuilles courtes ou plus (figure 11-12).



Figure 11-12. Verticilles d'euphorbe cyprès.
Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

Les fleurs jaune verdâtre forment une ombelle très ramifiée (habituellement 10 axes principaux ou plus) au sommet de la tige principale et sur les rameaux supérieurs. Les bractées de l'inflorescence sont foliacées, courtes et larges. Elles ont la forme d'un cœur, s'effilant à leur extrémité, et sont d'abord vert jaunâtre clair, puis habituellement vert rougeâtre à maturité. Les fleurs minuscules sont unisexuées, sans sépales ni pétales. Elles sont groupées en structures complexes appelées « cyathes », que l'on trouve entre chaque paire de bractées de l'inflorescence. Chaque grappe de fleurs produit une gousse trilobée contenant de une à trois graines ovoïdes, lisses et grisâtres de 1,5 à 2 mm ($\frac{1}{16}$ à $\frac{1}{12}$ po) de longueur. Toutes les parties de la plante contiennent une sève blanche

âcre et collante. La floraison commence à la fin du printemps ou au début de l'été et se poursuit parfois, de façon intermittente, jusque tard en automne (figure 11-13).



Figure 11-13. Fleurs d'euphorbe cyprès.
Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

On trouve deux variétés d'euphorbe cyprès en Ontario : une forme diploïde stérile qui ne produit pas de graines viables, et une forme tétraploïde fertile qui produit de nombreuses graines fertiles. La forme stérile, qui se multiplie seulement par ses parties souterraines, était autrefois communément cultivée dans les jardins et les cimetières. Elle a survécu dans de nombreuses localités et s'étend végétativement jusqu'au bord des routes et aux terrains incultes environnants. Elle pousse partout dans la province. La forme fertile, qui peut se reproduire par germination aussi bien que par ses parties souterraines, est devenue une mauvaise herbe rampante nuisible dans le comté de Dufferin et dans la région de Braeside située dans l'est du comté de Renfrew, où elle a envahi des centaines d'hectares de pâturage, de terres cultivées abandonnées, de régions boisées et de bords de route.

L'euphorbe cyprès se distingue de la plupart des autres plantes par sa sève laiteuse, ses racines vivaces traçantes à bourgeons roses, ses feuilles nombreuses, petites et étroites ainsi que son inflorescence vert jaunâtre. Elle se différencie des euphorbes annuelles à port dressé (euphorbes des jardins, réveille-matin et à grandes feuilles) par

sa croissance vivace. En outre, elle se distingue de ces mêmes espèces et de l'euphorbe éssule par ses tiges minces aux nombreuses feuilles étroites serrées les unes contre les autres, son ombelle comptant généralement plus de 10 rameaux fins prenant naissance au sommet de la tige principale, son inflorescence à bractées ou feuilles en forme de cœur s'effilant vers le sommet ainsi que sa production de rameaux abondamment feuillus après la floraison au début de l'été.

MISE EN GARDE

Si les moutons sont parfois obligés de manger de l'euphorbe cyprès et peuvent finir par préférer cette plante, la documentation suggère qu'elle est toxique pour les bovins et les chevaux. La sève laiteuse peut irriter la peau nue et provoquer des démangeaisons graves chez certaines personnes.



Il est possible d'éliminer l'euphorbe cyprès en pulvérisant de l'herbicide au début du stade du bouton (floraison en milieu d'été) ou au début de l'automne. Le fauchage répété à intervalles de 21 jours peut aussi être efficace. Voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures pour de plus amples renseignements sur les herbicides pouvant être utilisés.

Références

1. LINGENFELTER, D., et W.S. CURRAN. *Integrated Approach: Management of Eastern Black Nightshade* [En ligne], Penn State Extension, 1998. [extension.psu.edu/integrated-approach-management-of-eastern-black-nightshade].

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

La moutarde des champs [fiche technique 03-044], 2003.

Les mauvaises herbes de l'Ontario : Asclépiade de Syrie [En ligne], 2010. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/ontweeds/common_milkweed.htm].

Les mauvaises herbes de l'Ontario : Euphorbe cyprès [En ligne], 2010. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/ontweeds/cypress_spurge.htm].

« Aliments du bétail contaminés par des morelles: s'en soucier ou non? », dans le *Bulletin Grandes Cultures* [En ligne], 2017. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/field/news/croptalk/2017/ct-1117a7.htm].

« Est-il possible de maîtriser la prêle des champs? », dans le *Carnet horticole* [En ligne], 2015. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/hort/news/hortmatt/2015/03hrt15a3.htm].

Euphorbe cyprès [En ligne], 29 décembre 2006. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/info_spurge.htm].

Asclépiade commune [En ligne], 3 septembre 2014. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/info_milkweed.htm].

CHAPITRE 12

Ennemis des cultures

Les ennemis des cultures peuvent diminuer le rendement, la qualité et la persistance des cultures fourragères. Ce chapitre décrit les ennemis courants qui sont très nuisibles aux cultures fourragères vivaces. Les ennemis qui s'attaquent principalement aux cultures généralement destinées à la production de céréales en Ontario, notamment aux cultures de maïs, sont décrits dans la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*. Le Centre de protection des cultures de l'Ontario, à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures, contient de l'information sur les méthodes de lutte intégrée contre les ennemis des cultures et sur les produits antiparasitaires. Voir le site Web du MAAARO à l'adresse ontario.ca/cultures. Le tableau 12-1 indique à quels ennemis des cultures peuvent être attribués les signes décrits.

Ennemis terricoles des cultures

Asticots

Cultures à risque : maïs, soya, graminées et céréales d'automne

Plusieurs types d'asticots s'attaquent aux grandes cultures. Les asticots du hanneton européen et du hanneton commun sont ceux qui causent le plus de problèmes en Ontario, mais les asticots

du scarabée japonais sont aussi à surveiller. Il faut bien identifier les espèces d'asticots à combattre puisque les stratégies de lutte doivent être adaptées au cycle biologique de chaque espèce.

Description : Les asticots sont des larves blanches en forme de « C », avec une tête brun orangé et une partie postérieure foncée (figure 12-1). Lorsqu'ils se déplacent, leur partie postérieure traîne sur le sol. Pour identifier correctement l'espèce, il faut examiner les soies de l'écusson anal de la larve à l'aide d'une loupe. Ces soies sont situées sous la larve, sur son dernier segment abdominal. Chaque espèce a un écusson anal de forme différente. L'identification de l'espèce permettra de déterminer à quel moment elle se nourrit, combien de temps elle demeure dans le sol et à quel moment on pourra la combattre le plus efficacement.



Figure 12-1. Aspect général d'un asticot.
Source : A. Schaafsma, Université de Guelph, campus de Ridgetown.

Tableau 12-1. Signes d'infestation dans les cultures fourragères

Légende : O = compte parmi les signes d'infestation – = ne compte pas parmi les signes d'infestation

Signes		Ennemis des cultures								
		Asticots	Limace	Charançon de la luzerne	Mineuse virgule de la luzerne	Charançon postiche de la luzerne	Puceron du pois	Légionnaire uniponctué ou légionnaire d'automne	Cicadelle de la pomme de terre	Hespérie des graminées
Dommages aux racines et aux plantules	Peuplement clairsemé et plants flétris	O	O	–	–	–	–	–	–	–
	Profondes rainures en spirale dans la racine pivotante	–	–	O	–	–	–	–	–	–
Dommages aux feuilles	Galeries entre les couches des feuilles	–	–	–	O	–	–	–	–	–
	Feuilles perforées ou dont il ne reste que les nervures	–	O	O	–	O	–	–	–	–
	Dommages aux pourtours des feuilles	–	–	–	–	O	–	–	–	O
	Feuilles herbacées entièrement dévorées, sauf la nervure principale, et panicules endommagées	–	–	–	–	–	–	O	–	–
	Jaunissement en forme de « V » à l'extrémité des feuilles	–	–	–	–	–	–	–	O	–
	Plants jaunissants et rabougris	–	–	–	–	–	O	–	O	–
	Champs de couleur gris argenté	–	–	–	–	O	–	–	–	–

La description de chaque espèce comprend des renseignements sur son apparence physique, son cycle biologique et les dommages qu'elle cause.

Dommages : Les asticots se nourrissent des racines fasciculées des plants, à une profondeur de 2,5 à 5 cm (1-2 po) de la surface. Dans les peuplements fourragers mixtes, les larves coupent les racines des graminées de sorte que le plant ne peut atteindre son plein développement et finit par dépérir; seules les légumineuses survivent. Les dommages importants aux racines des cultures sensibles entraînent un faible taux de levée des plants et la mort de ceux-ci (figure 12-2). Les dommages aux cultures dépendent du moment du semis et de la levée des plants par rapport aux besoins alimentaires des larves. En reportant le semis après le stade larvaire de l'espèce en question, on pourra protéger les cultures de ses attaques. On évitera aussi les dommages connexes causés par divers prédateurs, comme les mouffettes et les rats laveurs, qui creusent le sol pour y trouver les asticots dont ils se nourrissent, bien que ces dommages entraînent rarement une perte de rendement économique.



Figure 12-2. Asticot se nourrissant d'une plantule de maïs.

Source : J. Smith, Université de Guelph, campus de Ridgetown.

Facteurs de risque : Les champs ayant des buttes sableuses ou limoneuses et qui sont situés près d'une zone boisée sont des lieux de ponte privilégiés. Ceux qui suivent du gazon ou des cultures de soya, de luzerne, de céréales

fourragères ou de pommes de terre sont plus à risque. C'est pendant l'année d'établissement que les fourrages mixtes sont le plus à risque. Les cultures sensibles adjacentes à des pâturages, à des gazonnières, à des parcs et à des terrains de golf sont particulièrement menacées. La figure 12-3 décrit le cycle biologique et la période d'alimentation des principaux asticots.

Technique de dépistage : Le meilleur moment pour dépister les asticots est à l'automne, mais il est également possible de le faire au printemps avant ou après le semis. La température du sol et le cycle biologique des asticots déterminent à quel moment chaque espèce se nourrit à la surface du sol, et c'est le hanneton européen qui résiste le mieux au froid. Voir la section *Cycle biologique* dans la description de chaque espèce d'asticot pour savoir à quel moment effectuer le dépistage. Il convient de prêter davantage attention aux buttes sableuses, aux endroits près de zones boisées et aux zones qui présentent ou ont déjà présenté des marques d'infestation.

À l'aide d'une pelle, on creuse un carré d'environ 30 cm² (1 pi²) qui fait environ 7,5 à 10 cm (3-4 po) de profondeur, dans au moins cinq zones distinctes. On ameublisse le sol à la main de manière à briser les mottes, puis on compte le nombre d'asticots présents dans chaque échantillon. Si la culture a déjà levé, il faut chercher des trous dans le peuplement ou des plantules flétries, puis déterrer les racines du plant en santé le plus près pour voir si des asticots sont en train de les manger.

Seuil d'intervention : La présence de deux asticots en moyenne sur cinq points d'inspection indique qu'une intervention est nécessaire, comme le traitement des semences avec des insecticides ou l'utilisation d'insecticides radiculaires. Si les populations sont nombreuses (au moins quatre larves par zone de 30 cm² ou 1 pi²), il convient d'utiliser la dose supérieure de l'insecticide pour traiter les semences. Pour pouvoir utiliser des semences de maïs ou de soya traitées aux néonicotinoïdes afin de lutter contre les asticots, il faut effectuer une évaluation des risques phytosanitaires selon les critères précis énoncés

dans le Règlement de l'Ontario 63/09, pris en application de la *Loi sur les pesticides* de 1990, concernant les pesticides de catégorie E.

Stratégies de lutte :

- Le travail du sol et le passage des disques (au moins trois passages) comptent parmi les méthodes de lutte culturales qui ramènent les asticots à la surface, où ils sont exposés aux éléments et aux ennemis naturels (p. ex. oiseaux, mouffettes, rats laveurs). Pour de bons résultats, le labour d'automne doit se faire avant que les asticots migrent sous la semelle de labour.
- Le semis doit se faire dans des conditions de sol idéales pour que la culture s'établisse rapidement et soit à même de tolérer des infestations légères ou moyennes.
- Il convient de traiter les semences avec un insecticide ou d'appliquer un insecticide dans la raie de semis. En Ontario, l'utilisation de néonicotinoïdes pour traiter les semences de maïs et de soya est restreinte et doit faire l'objet d'une évaluation des risques phytosanitaires.
- Il faut éviter de semer des fourrages mixtes ou d'autres cultures sensibles qui ne peuvent pas être traitées avec des insecticides radiculaires ou dont les semences n'ont pas été traitées

avec des insecticides dans les champs ayant des antécédents d'infestation. Si les populations d'asticots sont nombreuses ou que le hanneton commun est dans la deuxième année de son cycle (soit la principale période d'alimentation), les fourrages sont également à éviter. Il faut plutôt opter pour des cultures pouvant être traitées avec des insecticides radiculaires ou dont les semences ont été traitées avec des insecticides. Après la mise en œuvre de cette mesure, il faut réévaluer les populations d'asticots pour savoir si des fourrages pourront être semés l'année suivante.

- Un pâturage bien géré comportant un bon mélange de légumineuses et de graminées peut contribuer à freiner les pertes de densité de peuplement, puisque les asticots ont tendance à se nourrir davantage des racines des graminées. Une reprise des semis ou un réensemencement pourrait être indiqué pendant quelques années pour compenser les pertes dues aux asticots.
- Certains prédateurs, parasitoïdes et agents pathogènes peuvent contribuer à réduire les populations d'asticots dans des conditions idéales, mais ils sont loin d'être aussi efficaces que les méthodes de lutte chimique.
- Il n'existe aucun traitement de secours.

Insecte	Janv.-mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.-déc.
Hanneton européen	Hivernation des larves du 3 ^e stade larvaire	Alimentation et pupaison des larves du 3 ^e stade larvaire	Sortie des adultes, accouplement et ponte; absence d'alimentation			Alimentation des larves du 1 ^{er} stade larvaire	Alimentation des larves du 2 ^e stade larvaire	Alimentation des larves du 3 ^e stade larvaire	Hivernation des larves du 3 ^e stade larvaire
Hanneton commun	An 1	Hivernation des adultes dans le sol		Sortie des adultes, accouplement et ponte		Éclosion des œufs; alimentation des larves du 1 ^{er} stade larvaire		Alimentation des larves du 2 ^e stade larvaire	Hivernation des larves du 2 ^e stade larvaire
	An 2	Hivernation des larves du 2 ^e stade larvaire	Alimentation des larves du 2 ^e stade larvaire	Alimentation des larves du 3 ^e stade larvaire					Hivernation des larves du 3 ^e stade larvaire
	An 3	Hivernation des larves du 3 ^e stade larvaire	Alimentation des larves du 3 ^e stade larvaire	Pupaison et hivernation des adultes dans le sol					
Scarabée japonais	Hivernation des larves du 3 ^e stade larvaire	Alimentation des larves du 3 ^e stade larvaire			Sortie des adultes, accouplement et ponte; absence d'alimentation		Alimentation des larves du 1 ^{er} stade larvaire	Alimentation des larves du 2 ^e et 3 ^e stades larvaires	Hivernation des larves du 3 ^e stade larvaire

Figure 12-3. Cycle biologique et période d'alimentation des principaux asticots (hanneton européen, hanneton commun et scarabée japonais); les zones de couleur indiquent les stades nuisibles.

Hanneton européen

Rhizotrogus majalis

Cultures à risque : maïs; parfois fourrages et céréales

Description : Les larves du hanneton européen se distinguent des autres asticots par le motif en « Y » que forment les soies de l'écusson anal (figure 12-4). Elles mesurent 4 mm ($\frac{3}{16}$ po) au premier stade larvaire et de 25 à 30 mm (1 à $1\frac{1}{8}$ po) au troisième. Les adultes sont des hannetons de taille moyenne, soit d'environ 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ po). Ils sont brun-beige et ont une ligne brun foncé à la jonction des ailes. Le hanneton européen est plus petit que le hanneton commun, mais plus grand que le scarabée japonais.

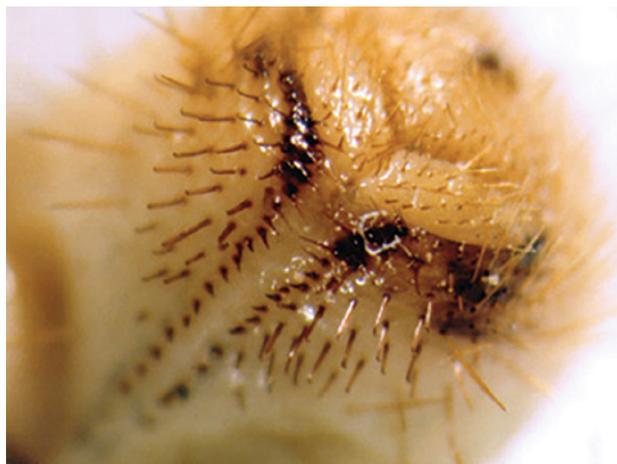


Figure 12-4. Écusson anal de l'asticot du hanneton européen.

Source : A. Schaafsma, Université de Guelph, campus de Ridgetown.

Cycle biologique : Le hanneton européen ne produit qu'une génération par an. Il hiverne à l'état de larve (asticot) dans le sol, sous la ligne de gel. En avril, les larves remontent vers la surface et se nourrissent des racines des plantes. Elles résistent davantage au froid que les autres espèces d'asticots, de sorte qu'elles peuvent commencer à se nourrir sitôt le sol dégelé, avant même la fonte complète des neiges. Les hannetons adultes sortent du sol entre le début juin et le début juillet pour s'accoupler. Ils se rassemblent pour

le vol nuptial et forment alors des essaims visibles sur les arbres et d'autres grandes structures à la brunante. Les femelles adultes cherchent ensuite des sols humides et frais dans les pelouses ou les champs avoisinants pour y pondre leurs œufs. Les larves nouvellement écloses se nourrissent de racines du début août jusqu'à ce que le sol gèle. Elles s'enfoncent alors sous la ligne de gel pour y hiverner.

Dommmages : Au printemps, les dommages causés par l'alimentation des larves sont à craindre d'avril à la mi-mai ou à la fin mai. Le maïs et les fourrages sont les cultures les plus à risque durant cette période. Le soya est généralement épargné lorsqu'il est semé après la mi-mai. À l'automne, les dommages causés par les larves se manifestent surtout dans le blé d'automne. Les hannetons adultes ne s'attaquent pas aux cultures.

Technique de dépistage : Le dépistage des larves doit se faire avant la mi-mai, moment où elles se pupifient, mais peut également se faire pendant une bonne partie de l'automne (de la fin août à la mi-novembre), car elles demeurent près de la surface du sol jusqu'à ce qu'il gèle.

Hanneton commun

Espèces de *Phyllophaga*

Cultures à risque : maïs, soya, fourrages et céréales

Description : Les larves du hanneton commun se distinguent des autres asticots par la forme ovale de leur écusson anal, où l'on relève deux rangées parallèles d'épines (figure 12-5). Le hanneton commun est la plus grande des trois espèces d'asticots qui s'attaquent aux grandes cultures : les larves mesurent de 4 à 40 mm ($\frac{3}{16}$ à $1\frac{1}{8}$ po), et les adultes, de 20 à 25 mm ($\frac{3}{4}$ à 1 po). Les adultes sont d'une couleur allant du brun rougeâtre au noir. Les larves sont aussi appelées « ver blanc ».

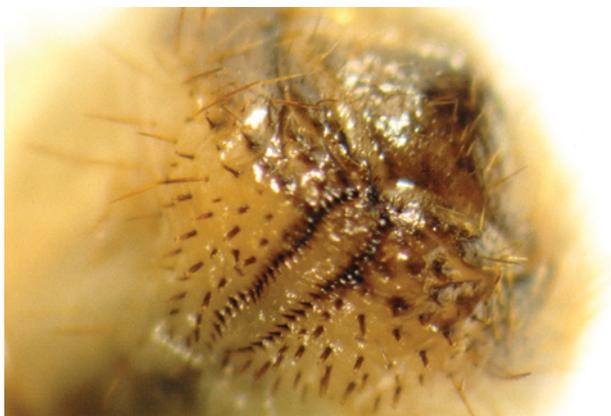


Figure 12-5. Écusson anal de l'asticot du hanneton commun.

Source : A. Schaafsma, Université de Guelph, campus de Ridgetown.

Cycle biologique : Le hanneton commun a un cycle biologique de trois ans. Les adultes sortent du sol de la mi-mai à la mi-juin pour pondre leurs œufs. Généralement, ils se rassemblent en grand nombre sur les arbres ou arbustes à la brunante pour s'accoupler. Les œufs sont déposés dans un sol humide et éclosent quelques semaines plus tard. Les larves du premier stade larvaire se nourrissent à même les racines des plants et muent pour passer au deuxième stade larvaire avant de s'enfoncer profondément dans le sol pour y hiverner. Le printemps suivant, une fois le sol réchauffé, les larves du deuxième stade larvaire recommencent à se nourrir, puis elles restent à l'état larvaire pendant toute cette deuxième année, mais muent une nouvelle fois pour passer au troisième stade larvaire. Cette deuxième année de leur cycle est donc la plus nuisible aux cultures. Les larves se préparent de nouveau à hiverner en s'enfonçant profondément dans le sol dès l'arrivée du froid; elles y restent jusqu'au printemps. La troisième année, les larves du troisième stade larvaire se nourrissent de racines pendant quelque temps avant de se pupifier et de devenir adultes. Les hannetons adultes resteront en diapause dans le sol pendant le reste de la saison et n'en sortiront qu'au printemps suivant.

Domages : La gravité des dommages dépend de l'année du cycle de vie de la majorité des larves actives. La deuxième année est la plus

nuisible aux cultures puisque l'insecte vit une pleine saison de croissance au stade larvaire. Les cultures fourragères et de soya semblent les plus touchées, surtout si les plants sont jeunes. Les adultes peuvent se nourrir d'arbres et de plantes ornementales (comme les rosiers), mais ne s'attaquent pas aux grandes cultures.

Technique de dépistage : Comme le hanneton commun résiste moins bien au froid que le hanneton européen, le meilleur moment pour le dépister est de la mi-mai au début juin, ou au début de l'automne (de septembre à la mi-octobre). Selon la période de l'année, il peut être difficile de repérer les larves aux première et troisième années du cycle biologique (figure 12-3).

Scarabée japonais

Popillia japonica

Cultures à risque : soya et fourrages

Description : Les asticots du scarabée japonais se distinguent des autres asticots par le motif en « V », large et peu profond, de leur écusson anal (figure 12-6). Ils sont aussi beaucoup plus petits que les asticots du hanneton européen et du hanneton commun. Les adultes sont également les plus petits des trois espèces. Ils mesurent environ 13 mm (½ po) de longueur et se reconnaissent facilement à leur tête vert métallique et à leurs ailes d'un reflet cuivré, teintées de vert aux extrémités. Douze touffes de poils blancs garnissent le bord de leur abdomen.



Figure 12-6. Écusson anal de l'asticot du scarabée japonais.

Cycle biologique : Le scarabée japonais ne produit qu'une génération par an. Il hiverne dans le sol, sous la ligne de gel, au troisième stade larvaire. Ses asticots sont les moins résistants au froid. Le printemps suivant, une fois que la température du sol dépasse 15 °C, les larves se rapprochent de la surface et se nourrissent de racines de plantes jusqu'à la mi-juin ou la fin juin, moment où elles se pupifient et deviennent adultes. Les adultes s'extirpent du sol au début juillet et vivent une quarantaine de jours, durant lesquels ils se nourrissent de diverses plantes, y compris de feuilles de soya et parfois de soies de maïs (figure 12-7). Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs dans le sol. Ceux-ci éclosent quelques semaines plus tard. Les larves commencent alors à se nourrir de racines et passent par trois stades larvaires avant de se préparer à hiverner, au début octobre, en s'enfonçant sous la ligne de gel.



Figure 12-7. Scarabée japonais adulte.

Domages : Les larves du scarabée japonais et les adultes peuvent s'attaquer aux grandes cultures. Cet ennemi des cultures, qu'on trouve partout en Ontario, est surtout présent dans la région de Niagara et de Hamilton. Ce sont particulièrement les champs de soya et de foin qui souffrent des dommages aux racines causés par les larves. Les adultes, de leur côté, se nourrissent aussi de soya, de haricots secs comestibles, de cultures fruitières et de plantes ornementales, laissant derrière eux des feuilles qui ne possèdent plus que des nervures.

Charançon de la luzerne *Otiorhynchus ligustici*

Cultures à risque : luzerne; parfois trèfle, vignes et fraisiers

Description : Au stade adulte, le charançon de la luzerne mesure environ 13 mm (½ po), est gris foncé et ne vole pas (figure 12-8). Les larves sont petites, blanches et apodes, et leur tête est d'un brun rougeâtre clair. On les trouve dans le sol; elles se nourrissent sur ou dans les racines de luzerne (figure 12-9).



Figure 12-8. Charançon de la luzerne adulte.



Figure 12-9. Larves de charançon de la luzerne et racines qu'elles ont endommagées.

Cycle biologique : Le charançon de la luzerne a un cycle de deux ans. La première année, les adultes sortent d'hivernation en avril; ils se nourrissent des pousses de luzerne et migrent vers de nouveaux champs pour pondre leurs œufs. Les adultes peuvent marcher sur de courtes distances ou se laisser porter plus loin dans la terre, le gravier ou le foin transportés ou par la machinerie agricole et les cours d'eau. Tous les adultes sont des femelles capables de pondre des œufs fertilisés, qui éclosent peu après. Les larves se nourrissent des racines latérales de la plante-hôte avant de s'attaquer aux racines principales. En novembre, les larves s'enfoncent dans le sol à une profondeur de 40 à 60 cm (16 à 24 po), où elles demeurent sans se nourrir jusqu'à la fin de l'été suivant. À la fin de l'été de la deuxième année, les larves se pupifient, puis deviennent des adultes qui demeurent inactifs jusqu'à la fin de l'automne. En avril et en mai de la troisième année (la première année de la génération suivante), les adultes émergent du sol pour se nourrir et migrer vers de nouveaux sites de ponte.

Dommmages : On a relevé la présence du charançon de la luzerne dans l'Est de l'Ontario, plus précisément sur l'île Wolfe, dans la région de Prescott et de Brockville, à Kemptville et à la Ferme expérimentale centrale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, à Ottawa. Les larves se nourrissent d'abord des racines latérales, puis s'attaquent à la surface de la racine pivotante, y laissant de profondes rainures en spirale qui sectionnent souvent complètement la racine. À l'automne, les plants gravement endommagés peuvent jaunir et perdre leurs feuilles (figure 12-10). Les adultes se nourrissent des feuilles et des tiges, causant peu de dommages. Les dommages aux cultures sont plus évidents à la fin de l'été ou au début de l'automne.



Figure 12-10. Dommages causés par le charançon de la luzerne.

Facteurs de risque : Les champs de luzerne au sol léger (p. ex. loam sableux, sable, gravier) situés dans des régions souvent infestées (voir ci-dessus) sont les plus à risque.

Technique de dépistage : Dans les comtés de l'Est de l'Ontario fréquemment infestés, le dépistage se fait tôt, de la fin avril à la fin mai, au moyen d'un filet fauchoir et d'inspections visuelles. Il importe d'examiner le pourtour du champ, le bord des routes et, avant d'entrer dans les champs qui ne sont pas infestés, le matériel de fenaison. Plus tard dans la saison (de septembre à la mi-octobre), on déterre les plants de luzerne flétris et on retourne la terre à proximité avec une pelle pour vérifier la présence de dommages aux racines et de larves. Le charançon de la luzerne peut s'en prendre à toutes sortes d'hôtes. Les larves affectionnent particulièrement la luzerne, mais elles peuvent aussi s'attaquer à toutes les espèces de trèfles, de vignes et de fraisiers. Elles s'en prennent même parfois aux mauvaises herbes, en particulier à celles qui ont des racines charnues comme la carotte sauvage et le pissenlit.

Seuil d'intervention : Aucun seuil n'a été établi.

Stratégies de lutte :

- On ne peut compter sur aucun traitement chimique. Les insecticides se sont avérés inefficaces.
- Il importe de bien retirer la terre et les débris végétaux de la machinerie avant de la sortir d'un champ infesté. Pour réduire le risque d'introduire l'ennemi des cultures dans de nouveaux champs, il est préférable de réaliser tous les travaux dans les champs qui ne sont pas infestés avant de passer à ceux qui le sont.
- Le charançon de la luzerne ne peut survivre très longtemps sans plante-hôte. Il importe donc de procéder fréquemment à la rotation des cultures; après deux ou trois ans de culture de luzerne (une année au stade de plantules et une ou deux années de production), il faut cultiver des espèces qui ne servent pas d'hôtes (p. ex. maïs, soya, céréales à paille) pendant au moins deux ans.
- Les charançons de la luzerne adultes présents durant la récolte peuvent se retrouver dans les balles et y survivre pendant un certain temps. Il faut donc conserver le foin de première coupe d'un champ infesté au moins deux mois avant de l'expédier ailleurs.
- Si l'on soupçonne la présence de cet ennemi des cultures, il faut communiquer avec l'entomologiste des grandes cultures ou la ou le spécialiste en culture fourragère du MAAARO.
- Des essais menés dans l'État de New York indiquent que des nématodes utilisés comme agents de lutte biologique réduiraient efficacement les populations de cet ennemi des cultures. Deux espèces indigènes ont été isolées des sols de New York et se sont avérées persistantes après plusieurs années d'application, pouvant diminuer de 88 % les pertes de densité de peuplement causées par l'alimentation des larves de charançon de la luzerne.

Ennemis de surface des cultures

Les abeilles butinent les fourrages; certaines précautions s'imposent donc pour protéger les pollinisateurs durant l'application d'insecticides foliaires. Pour en savoir plus, voir le chapitre 14 de la publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*.

Limace

Deroceras reticulatum et autres espèces

Cultures à risque : maïs, soya, nouveaux semis fourragers et canola

Description : Les juvéniles et les adultes ont le corps mou et sont apodes, grisâtres ou mouchetés et recouverts d'une substance visqueuse ou gélatineuse qui les empêche de se dessécher. Ce sont ni plus ni moins que des escargots sans la coquille. La tête est pourvue de deux paires de tentacules; sur l'une d'elles se trouvent les yeux. Les limaces mesurent habituellement de 1 à 3 cm ($\frac{3}{8}$ à $1\frac{1}{8}$ po), mais peuvent atteindre 10 cm (4 po) (figure 12-11).



Figure 12-11. Limace adulte.

Source : J. Smith, Université de Guelph, campus de Ridgeway.

Cycle biologique : Il y a une génération par année, mais on compte deux populations qui arrivent à maturité au printemps et à l'automne, respectivement. Par conséquent, les limaces ont deux occasions d'endommager les jeunes plants. Les œufs et les adultes hivernent. Les jeunes limaces sont les plus nuisibles aux cultures. Elles éclosent au printemps ou à l'automne et sont surtout actives par temps frais et pluvieux. Les limaces préfèrent les milieux caractérisés par une forte humidité et des températures relativement fraîches. Les débris (p. ex. résidus de culture, fumier) leur procurent un abri contre le soleil.

Domages : Les limaces se nourrissent dans le sol ou hors du sol, selon l'humidité. Elles se nourrissent de semences en germination et de plantules sans afficher de préférence réelle pour une partie de la plante en particulier. Sur les plantes plus grosses, les limaces dévorent les feuilles du bas en totalité ou en partie, laissant sur les plantes à feuilles larges des trous aux pourtours déchiquetés qui donnent aux feuilles un aspect squelettique (figure 12-12). Les limaces peuvent dévorer ou endommager le cotylédon des plants de soya, en tuant le point végétatif. Pour ce qui est du maïs, elles dévorent les feuilles en bandelettes, laissant des dommages semblables à ceux causés par la grêle, mais s'attaquent rarement au point végétatif. En grand nombre, les limaces se nourrissent de semences en germination et les vident de leur contenu avant la levée des plants. Elles peuvent laisser des traces visibles sur le sol ou les feuilles.



Figure 12-12. Jeune plant de soya endommagé par des limaces.

Source : J. Smith, Université de Guelph, campus de Ridgetown.

Facteurs de risque : Sont à risque les champs de soya, de canola et de maïs en semis direct (surtout ceux qui ont une épaisse couche de résidus), les champs de blé contre-ensemencés de trèfle rouge, les nouveaux semis de luzerne et les champs qui suivent des fourrages mixtes (en particulier de graminées). Les raies de semis ouvertes sont un habitat de choix. Le risque de dommages est plus grand lorsque l'hiver est doux et accompagné de neige abondante, et qu'il est suivi d'un printemps frais, pluvieux et nuageux et d'un automne doux. L'évaluation des populations dans chaque champ à l'automne donne une bonne idée de l'ampleur du problème qu'elles poseront le printemps suivant : la population qui hiverne est la même qui dévorera les plants le printemps venu.

Technique de dépistage : Le dépistage automnal permet de prévoir les problèmes qui surviendront au printemps suivant. Les limaces étant nocturnes, leur dépistage se fait la nuit ou au petit matin, lorsqu'elles sont actives. Les indices à surveiller sont des trous dans le peuplement, des bandelettes de tissu foliaire disparues ou de petits trous mâchouillés dans les feuilles. Il faut aussi examiner les débris et les mottes de terre. Des traces visqueuses de couleur argent sur les plants ou le sol sont un signe indéniable de la présence de limaces. Pour évaluer leur population, on installe des pièges à une dizaine ou une quinzaine d'endroits répartis dans tout le champ. Ces pièges consistent en deux morceaux de matériau de couverture blanc (idéalement), de bardeau, de contreplaqué ou de carton mouillé de 30 cm² (1 pi²) que l'on place directement sur le sol après avoir retiré les résidus de culture. Pour éviter qu'ils ne soient emportés par le vent, on y dépose une roche. Ensuite, il s'agit de les soulever tous les cinq jours pendant environ un mois et de compter les limaces qui s'y trouvent. Le matin est le meilleur moment pour faire cette inspection, car les limaces s'y trouveront encore avant que le temps se réchauffe.

Seuil d'intervention : Aucun seuil n'a été établi. Si la technique décrite ci-dessus révèle fréquemment la présence de limaces, celles-ci risquent fort de causer des dommages au printemps. Une inspection printanière confirmera le tout.

Stratégies de lutte :

- Un bon point de départ pour réduire au minimum les dommages causés par les limaces est d'effectuer le semis dans des conditions qui favorisent une croissance rapide.
- Il importe de bien fermer les sillons.
- Le travail du sol aide à combattre les limaces, car l'élimination des résidus les expose à la déshydratation et aux prédateurs (mammifères, oiseaux). Le travail du sol par bandes en profondeur ou le passage de socs bineurs accélère l'assèchement des rangs et diminue le risque de dommages par les limaces. Le fait d'éloigner les débris des plantules peut aussi contribuer à réduire les dommages.
- Les prédateurs (p. ex. carabes) peuvent grandement contribuer à la lutte contre les limaces. Les insecticides n'ont aucun effet sur les limaces, mais peuvent réduire les populations de carabes. Il faut donc éviter d'en utiliser si l'on veut maintenir ces populations et combattre les limaces.
- Il n'existe actuellement aucun traitement chimique rentable contre les limaces qui soit homologué pour les grandes cultures. Les insecticides (appliqués aux semences, aux feuilles ou au sol) sont inefficaces contre les limaces. On trouve sur le marché des appâts à limaces (granulés de phosphate de fer), mais ils ne sont pas rentables et ne sont recommandés que pour de petites zones. Pour qu'ils soient pleinement efficaces, ces appâts doivent être posés peu après la période de risque de gelée printanière.
- Les expériences réalisées à l'aide de mélanges d'azote à 28 % (engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée) et d'eau ou de potasse appliquée sur les feuilles ayant donné des résultats inégaux, l'utilisation de ces produits n'est pas encouragée.

Ennemis des cultures de luzerne

Mineuse virgule de la luzerne

Agromyza frontella

Cultures à risque : luzerne

Description : L'adulte est une très petite mouche de 4 mm ($\frac{3}{16}$ po) noire et arquée. Les larves sont petites et jaune pâle; on les trouve à l'intérieur des galeries dans les tissus foliaires.

Cycle biologique : À la fin mai, la mouche adulte émerge de la puppe dans laquelle elle a hiberné à la surface du sol. La femelle pond ses œufs dans les feuilles des nouveaux plants de luzerne. Les larves viennent à maturité dans les petites galeries des feuilles, puis se pupifient sur le sol. Une deuxième génération d'adultes apparaît environ une semaine plus tard (à la mi-juillet), et une troisième vers la mi-août.

Dommages : Cet ennemi des cultures de luzerne pose maintenant un grave problème dans le Nord de l'Ontario. Il laisse de petites perforations dans les feuilles lorsqu'il s'alimente et pond ses œufs. Après l'éclosion, les larves se nourrissent de l'intérieur des feuilles en creusant de petites galeries entre les couches supérieures et inférieures. Ces galeries partent habituellement de la base de la foliole et s'élargissent à l'extrémité, laissant des taches sur leur chemin (figure 12-13). En général, les dommages dus à l'alimentation diminuent la qualité du fourrage, mais nuisent peu au rendement, sauf en cas de grande sécheresse.



Figure 12-13. Dommages causés par la mineuse virgule de la luzerne.

Facteurs de risque : Sont à risque les zones où l'on applique une quantité considérable d'insecticide foliaire, ce qui peut être néfaste pour les parasitoïdes qui s'attaquent à cet ennemi des cultures.

Technique de dépistage : On inspecte les champs toutes les semaines pour surveiller l'apparition de perforations dans les feuilles.

Seuil d'intervention : On n'intervient que si plus de 40 % des folioles ont été perforées par des adultes.

Stratégies de lutte :

- Il existe dans le Sud de l'Ontario quelques espèces introduites et indigènes de parasites qui sont efficaces contre la mineuse virgule de la luzerne. Les insecticides leur sont toutefois nuisibles; par conséquent, on conseille de les éviter à moins que la population de mineuses virgules de la luzerne soit extrêmement nombreuse.
- Pour qu'un insecticide soit efficace, on doit l'appliquer au plus tard au moment où les perforations apparaissent.
- Il est possible que la première coupe coïncide avec la première génération et qu'elle permette donc de réduire efficacement la population de cet ennemi des cultures.

Charançon de la luzerne

Otiorhynchus ligustici

Voir l'information fournie précédemment dans la section *Ennemis terricoles des cultures*.

Charançon postiche de la luzerne

Hypera postica

Cultures à risque : luzerne; parfois trèfle.

Description : Le charançon postiche de la luzerne est brun, mesure environ 5 mm ($\frac{1}{4}$ po) de longueur et a une bande longitudinale brun foncé au milieu du dos (figure 12-14). Les larves, de couleur vert vif, ont la tête noire, six pattes et une rayure blanche distinctive au milieu du dos. À maturité, elles mesurent environ 8 mm ($\frac{3}{8}$ po) de longueur (figure 12-15). Les cocons soyeux contenant les pupes se trouvent sur les feuilles recourbées au sommet des plants (figure 12-16).



Figure 12-14. Charançon postiche de la luzerne adulte.



Figure 12-15. Larve de charançon postiche de la luzerne.



Figure 12-16. Cocon de charançon postiche de la luzerne.

On confond parfois le charançon postiche de la luzerne et le charançon des feuilles du trèfle. Or, ce dernier devient beaucoup plus gros et a la tête brun pâle, et sa rayure blanche est bordée de rose. Il cause rarement une perte de rendement économique.

Cycle biologique : On compte une génération de cet insecte par année. Les adultes hivernent dans les résidus de culture et émergent au printemps pour se nourrir des nouvelles pousses. La ponte a lieu dans les tiges de luzerne en mai. Après l'éclosion, les larves atteignent le sommet des plants, où elles se nourrissent des bourgeons à feuilles et des boutons floraux. À la fin juin ou au début juillet, elles s'enferment dans des cocons blancs peu serrés, dans les feuilles (pupaison). Elles en émergent en tant qu'adultes une ou deux semaines plus tard.

Domages : Les larves causent le plus de dégâts, puisqu'elles s'alimentent de l'intérieur des bourgeons à feuilles en se déplaçant vers le haut des plants. Les dommages se manifestent d'abord par des perforations, puis par des tissus d'apparence décharnée entre les nervures. Dans les champs fortement infestés, les feuilles sont endommagées au point que les champs ont l'air blanc grisâtre ou givré. Les dommages aux tissus foliaires peuvent rapidement nuire à la qualité fourragère. Les adultes qui se nourrissent pendant l'été ne causent pas de dégâts considérables.

Facteurs de risque : L'emploi fréquent d'insecticides foliaires peut être néfaste pour les ennemis naturels. Les risques de problèmes liés aux charançons sont donc plus élevés dans les champs situés dans des régions où l'on utilise souvent des insecticides. Les printemps secs peuvent nuire au développement d'agents pathogènes qui s'attaquent au charançon postiche de la luzerne. Les hivers doux peuvent contribuer à la survie des adultes, et le temps chaud au mois de mai peut entraîner l'émergence précoce des adultes, avant que la culture lève. Il devient alors difficile de procéder à la récolte précoce pour contrer cet ennemi des cultures.

Technique de dépistage : Le dépistage consiste à inspecter plusieurs parties de chaque champ deux fois par semaine de la mi-mai à juin. Les premiers dommages se manifestent dans les sols peu profonds ou sur les pentes orientées vers le sud, surtout si le printemps est chaud et sec. En Ontario, on a observé que le point culminant des dommages coïncide normalement avec le stade du bouton de la première culture. Pour compter les larves, on prélève, suivant un tracé en forme de « M », 30 tiges que l'on place ensuite dans un seau blanc et que l'on frappe contre la paroi afin d'enlever les larves des troisième et quatrième stades larvaires. Les larves des premier et deuxième stades, plus petites (au plus 3 mm de longueur), sont d'une couleur variant de jaune pâle à vert clair, et n'ont pas encore de rayure blanche. Il peut y avoir des larves plus jeunes dans les feuilles supérieures, mais il ne faut pas les compter. Il importe de vérifier si les larves sont actives et saines. Les larves infectées par un champignon pathogène, qui sont jaunes ou chamois, se déplacent lentement.

Seuil d'intervention :

- L'évaluation du seuil d'intervention et des mesures appropriées (récolte ou traitement insecticide) est fondée sur la gravité des dommages aux extrémités des feuilles et le nombre de charançons observés. Si 40 % des extrémités des feuilles sont abîmées, qu'il y a deux ou trois charançons actifs par tige et qu'il reste plus de 7 à 10 jours avant la date de récolte optimale, il faut envisager d'appliquer un insecticide. (Le pourcentage d'extrémités abîmées des feuilles est le pourcentage d'extrémités qui présentent des signes évidents de dommages, et non le pourcentage de défoliation.)
- Aucune intervention n'est nécessaire s'il y a moins d'une larve active par tige; par contre, il faut continuer de surveiller la situation.
- Si la luzerne mesure moins de 40 cm (16 po) de hauteur et contient deux larves actives par tige, il faut intervenir.
- S'il y a plus de trois larves actives par tige, il faut intervenir immédiatement. Si les populations de charançons sont nombreuses lors d'une première coupe précoce, il peut arriver que les larves survivantes se nourrissent des repousses de luzerne, ce qui peut entraîner une perte totale du peuplement. Si le champ est fortement infesté, il importe de surveiller la repousse du chaume. Principal signe à surveiller : les plants de luzerne ne verdissent pas, car les charançons se nourrissent des bourgeons du collet. La présence d'au moins deux larves actives par collet ou de quatre à huit larves par zone de 30 cm² (1 pi²) justifie la pulvérisation d'un insecticide sur le chaume.

Stratégies de lutte :

- Des traitements insecticides ne sont recommandés que s'il est peu pratique de faucher la luzerne, par exemple avant le stade du bouton, lorsque le fauchage risque de réduire la vigueur du peuplement et de donner un fourrage de trop grande qualité pour la majorité du bétail.

En outre, la repousse peut afficher un moins bon rendement en raison des dommages importants attribuables au charançon.

- La clé de la lutte contre le charançon est l'opportunité de la récolte ou l'application d'un insecticide selon les résultats de l'inspection des champs. Si l'infestation est menaçante, il faut faucher immédiatement les champs afin d'éviter les dommages dus à l'alimentation. La plupart des larves seront ainsi éliminées des champs. Généralement, les larves restantes se dessèchent, meurent de faim ou sont la proie d'ennemis naturels.
- Les insecticides foliaires tuent aussi les insectes utiles, ennemis naturels du charançon postiche de la luzerne. Leur emploi augmente donc les risques d'infestations futures.
- À l'occasion, s'il fait chaud au mois de mai, les charançons éclosent tôt, et les dommages dus à l'alimentation se manifestent avant le stade du bouton (lorsqu'on peut récolter la luzerne). Le cas échéant, un traitement insecticide pourrait être justifié.

Puceron du pois

Acyrtosiphon pisum

Cultures à risque : pois fourragers, luzerne et trèfle; parfois autres légumineuses

Description : Le puceron du pois a un corps mou en forme de poire et mesure environ 3 mm (1/8 po) de longueur. Ses pattes sont généralement visibles en vue dorsale, ce qui, combiné à la lenteur de ses mouvements, aide à le différencier de la cicadelle de la pomme de terre. Sa couleur varie du vert clair au vert foncé, mais il peut aussi être rose. Il se distingue des autres espèces de pucerons par ses yeux rouges, ses longues cornicules aux extrémités foncées et ses longues antennes dont chaque segment se termine par une bande foncée (figure 12-17).



Figure 12-17. Les pucerons du pois ont des yeux rouges, de longues cornicules aux extrémités foncées et de longues antennes dont chaque segment se termine par une bande foncée.

Source : [Shutterstock.com/fr](https://www.shutterstock.com/fr).

Cycle biologique : On compte plusieurs générations de cet insecte par année. Les œufs sont déposés à la base des plants de légumineuses en automne et en hiver, puis éclosent au printemps suivant. Les générations printanières et estivales de pucerons du pois ne comptent que des femelles. Ces dernières se reproduisent de façon asexuée, donnant naissance à des nymphes femelles. Certaines de ces nymphes ont des ailes, d'autres non. Après avoir atteint la maturité en une dizaine de jours, le puceron du pois adulte vit une trentaine de jours. Durant l'été, le puceron femelle donne naissance à d'autres pucerons femelles. À l'automne, le raccourcissement des journées lui fait donner naissance à des descendants mâles et femelles. Cette génération s'accouplera, et les femelles pondront des œufs.

Dommages : Le puceron du pois suce la sève des tiges et des nouvelles feuilles, ce qui peut diminuer le rendement et la qualité du fourrage. Les plants de luzerne auxquels s'attaquent fréquemment les pucerons jaunissent et se flétrissent. Les tiges peuvent s'amincir, et les nouvelles feuilles seront petites. La formation de fumagine sur le miellat sécrété par les pucerons réduit la sapidité du fourrage pour le bétail. Le puceron du pois transmet des maladies des plantes telles que le virus de la mosaïque de la luzerne.

Facteurs de risque : Le temps chaud (températures de 23 à 28 °C) et sec est très propice aux infestations de pucerons. Ces insectes ont de meilleures chances de survie lorsque l'hiver est doux. Les zones de grande production de fourrage et de légumineuses sont plus à risque. Les traitements insecticides souvent utilisés pour lutter contre d'autres ennemis des cultures, comme le charançon postiche de la luzerne ou la cicadelle de la pomme de terre, éliminent les ennemis naturels des pucerons. Les populations de pucerons peuvent dépasser très rapidement le seuil d'intervention si leurs ennemis naturels ont été éliminés des champs.

Technique de dépistage : Le dépistage se fait une fois par semaine pendant la saison de croissance. On coupe 30 tiges à la base (et non le plant en entier), puis on les place à l'envers dans un seau blanc pour compter le nombre de pucerons. On calcule une moyenne par tige en divisant le total par 30. Comme les populations ne sont généralement pas réparties uniformément dans un champ, il est recommandé d'effectuer le dépistage dans plusieurs zones.

Seuil d'intervention : Le seuil varie selon la hauteur de la luzerne.

- Si la luzerne mesure moins de 25 cm (10 po), le seuil est de 30 à 50 pucerons par tige.
- Si la luzerne mesure de 25 à 50 cm (10 à 20 po), le seuil est de 50 à 75 pucerons par tige.
- Si la luzerne mesure plus de 50 cm (20 po), le seuil est de 100 pucerons par tige.

S'il y a également des cicadelles de la pomme de terre dans le champ, c'est en fonction de ces populations (et non des pucerons) qu'il faut prendre les décisions relatives à la pulvérisation.

Stratégies de lutte :

- Un bon programme de fertilisation accélérera la croissance de la luzerne, permettant ainsi de garder un avantage sur les pucerons et de continuer à combattre vigoureusement les maladies qu'ils transmettent.

- La récolte de la luzerne élimine la source de nourriture des pucerons, et c'est une excellente façon d'en réduire les populations.
- Les ennemis naturels des pucerons, comme les coccinelles, les larves de chrysope, les nabidées, les anthocorides et les parasitoïdes, empêchent généralement les populations d'atteindre le seuil d'intervention sur les repousses de luzerne.
- On peut utiliser des insecticides si le seuil d'intervention est dépassé, si les ennemis naturels sont peu nombreux et si la récolte est prévue dans plus de deux semaines. Les insecticides peuvent toutefois causer une résurgence des populations de pucerons, car leurs ennemis naturels seront aussi tués^[1].

Cicadelle de la pomme de terre

Empoasca fabae

Cultures à risque : luzerne, soya, trèfle, pommes de terre, haricots et autres

Description : La cicadelle de la pomme de terre adulte est un insecte ailé vert pâle d'environ 3 mm ($\frac{1}{8}$ po) de longueur, qui possède des pièces buccales de type perceur-suceur et un corps cunéiforme : sa tête est plus large que son corps, lequel s'affine graduellement en allant vers le bout des ailes (figure 12-18). Elle a aussi six taches blanches rondes sur le derrière de la tête. Les nymphes sont aptères et plus petites que les adultes (figure 12-19).



Figure 12-18. Cicadelle de la pomme de terre adulte.



Figure 12-19. Nymphes de la cicadelle de la pomme de terre.

Cycle biologique : La cicadelle de la pomme de terre n'hiverne pas en Ontario. Elle migre vers le nord chaque printemps, portée par les masses d'air venant du golfe du Mexique. Les adultes peuvent arriver à la fin du printemps et se nourrissent d'abord de la sève des plants. Les femelles pondent leurs œufs dans le tissu des nervures principales et des pétioles des feuilles. Le passage d'œuf à adulte prend environ quatre semaines.

Domages : Les plantules et les jeunes repousses sont les plus vulnérables aux dommages. Ceux-ci sont causés tant par les nymphes que par les adultes, qui sucent la sève des feuilles et y injectent des protéines obstruant les nervures. Le pourtour des feuilles devient jaune et cloqué; c'est ainsi qu'apparaît un « V » jaune caractéristique commençant à l'extrémité des feuilles. Lorsque les dommages sont graves, les feuilles semblent roussies : c'est ce qu'on appelle la « brûlure de la cicadelle » (figure 12-20). Les dommages causés par l'alimentation de la cicadelle de la pomme de terre compromettent l'allongement des tiges, nuisent à la croissance des racines et provoquent l'enroulement des feuilles et le rabougrissement du plant. Une infestation grave peut entraîner une perte de rendement de 50 % et une réduction de 2 à 3 % de la teneur en protéines des fourrages. Le manque de vigueur du peuplement ralentit la repousse après

une coupe, ce qui expose davantage la culture à la destruction par l'hiver. Les zones en bordure des champs sont habituellement les premières touchées. La plupart des dommages surviennent entre juin et la mi-août. Les saisons chaudes plus sèches que la normale posent un risque élevé. Les dommages causés par la cicadelle de la pomme de terre sont souvent attribués à tort à une carence nutritive, aux herbicides ou à la sécheresse.



Figure 12-20. Brûlure de la cicadelle de la pomme de terre sur un plant de luzerne.

Facteurs de risque : Le temps chaud et sec peut favoriser les infestations. Les champs des comtés qui bordent le lac Érié ont tendance à être infestés plus souvent.

Technique de dépistage : Comme les pertes économiques surviennent avant même l'apparition des signes de dommages, il importe de déceler les fortes infestations de cicadelles avant qu'il soit trop tard, en particulier dans les nouveaux semis. Un dépistage fréquent s'impose, car un nombre de cicadelles supérieur au seuil d'intervention peut être porté par les vents orageux jusqu'aux champs en l'espace d'une seule nuit. L'utilisation d'un filet fauchoir permet de déterminer s'il y a lieu de devancer la récolte ou de procéder à une pulvérisation. Le dépistage se fait tous les cinq à sept jours dès la première coupe.

Des filets fauchoirs standard de 37 cm (15 po) de diamètre sont offerts sur le marché. La technique consiste à marcher dans la culture en balançant le filet d'un côté à l'autre comme un pendule de sorte qu'il balaie la partie supérieure du feuillage sur 37 cm (15 po) et que la partie supérieure du filet arrive à égalité avec le dessus du feuillage. Il faut éviter de recueillir de la terre. Dans le cas du dépistage des cicadelles de la pomme de terre, un balayage s'entend d'un arc de 180° où l'on fait passer le filet fauchoir une seule fois d'un côté du corps à l'autre. Cette définition peut varier selon l'ennemi des cultures à dépister.

À partir de la fin juin, on fait 20 balayages par dépistage à l'aide d'un filet fauchoir en cinq points du champ, en évitant les bordures. On referme rapidement le filet en le saisissant juste sous l'ouverture. Ensuite, on l'ouvre lentement pour en extraire tout débris de plante et identifier et dénombrer les insectes capturés. On calcule le nombre moyen de cicadelles de la pomme de terre capturées par balayage. Ensuite, on prend 20 tiges de luzerne au hasard et on en mesure la hauteur moyenne.

Seuil d'intervention : Le seuil varie selon la hauteur de la luzerne. On détermine si le seuil a été atteint à l'aide du tableau 12-2.

Tableau 12-2. Seuils d'intervention contre la cicadelle de la pomme de terre dans la luzerne

Hauteur des tiges	Cicadelles capturées par balayage ¹	
	Variétés traditionnelles	Variétés très résistantes à la cicadelle
9 cm (3 ½ po)	0,2 adulte	0,8 adulte
15 cm (6 po)	0,5 adulte	2,0 adultes
25 cm (10 po)	1,0 adulte ou nymphe	4,0 adultes ou nymphes
36 cm (14 po)	2,0 adultes ou nymphes	8,0 adultes ou nymphes

¹ Un balayage du filet fauchoir correspond à un arc de 180°.

Remarque : Plus la luzerne est haute, plus on peut tolérer de cicadelles avant d'intervenir.

Stratégies de lutte :

- Il existe des variétés dont les poils glandulaires agissent comme facteur de résistance. Ces poils, tant sur les feuilles que sur les tiges, empêchent la cicadelle de se nourrir. Comme ils ne sont pas entièrement formés durant la première année de croissance, il faut appliquer aux nouveaux semis des variétés résistantes les seuils indiqués dans le tableau 12-2 pour les variétés traditionnelles de luzerne.
- Avant de décider d'utiliser ou non une variété résistante à la cicadelle de la pomme de terre, il faut tenir compte des niveaux d'infestation types (plus élevés dans les comtés bordant le lac Érié), du coût du dépistage, des coûts associés aux insecticides et à leur pulvérisation, du supplément payé pour des variétés résistantes et des autres caractéristiques de la variété, comme son rendement et sa résistance aux maladies.
- Faucher la luzerne tôt dans la saison peut contribuer à réduire le nombre d'œufs, de nymphes et d'adultes. De plus, il existe un champignon pathogène naturellement présent qui réduit les populations de cicadelles de la pomme de terre par temps frais et humide.
- Avant d'appliquer un insecticide, il faut vérifier que le seuil d'intervention a été atteint et qu'il n'est pas possible de procéder à la coupe. La pulvérisation d'insecticides sur la luzerne tue aussi les ennemis naturels du charançon postiche de la luzerne et des autres ennemis des cultures fourragères.

Ennemis des cultures de graminées

Légionnaire uniponctué

Mythimna unipuncta

Cultures à risque : graminées, céréales et maïs

Description : À maturité, la légionnaire uniponctué mesure 3,75 cm (1 ½ po) de longueur. La larve va du vert terne au brun et peut facilement être confondue avec d'autres chenilles, dont le ver-gris panaché et la légionnaire d'automne. Le ver-gris

panaché se distingue toutefois par les points jaunes qui se trouvent au haut de ses premiers segments abdominaux. La légionnaire uniponctué et la légionnaire d'automne ont toutes deux des bandes latérales bordées de blanc le long du corps, mais seule la légionnaire uniponctué a des bandes diagonales sombres au haut de chaque patte ventouse abdominale (figure 12-21). Elle a une tête brun-jaune réticulée de lignes brun foncé. La légionnaire adulte est un papillon de nuit de couleur sable qui possède deux taches blanches caractéristiques au centre de chaque aile antérieure.



Figure 12-21. Larve de légionnaire uniponctué.

Cycle biologique : On compte deux générations de cet insecte par année, mais c'est la première qui a tendance à causer le plus de dommages aux cultures de céréales et de maïs en Ontario. La légionnaire uniponctué hiverne aussi loin au nord qu'en Pennsylvanie. Les adultes émergent au début du printemps et migrent en Ontario, portés par des masses d'air. Ils préfèrent pondre leurs œufs dans les graminées, notamment les graminées adventices, les céréales, les graminées fourragères et le seigle utilisé comme culture couvre-sol. Les larves éclosent et se nourrissent la nuit ou les jours couverts pendant approximativement un mois. En Ontario, la deuxième génération de larves a déjà causé des dommages aux cultures de maïs à la fin juin, mais uniquement dans de rares cas d'infestation massive. Les infestations surviennent

généralement après un printemps frais et pluvieux, soit des conditions difficiles pour les parasites qui maîtrisent normalement les légionnaires.

Domages : Les fourrages mixtes sont généralement plus à risque lorsque des infestations de légionnaires surviennent dans des champs de céréales et de maïs. Les larves se nourrissent la nuit. Elles ne s'en prennent pas aux peuplements purs de luzerne, mais plutôt aux mélanges de luzerne et de graminées. Les larves rongent le pourtour des feuilles de graminées, puis se déplacent vers le haut des plants pour se nourrir des panicules, ne laissant que les nervures principales. Les infestations de légionnaires uniponctuées sont généralement causées par la deuxième génération, lorsque les céréales et les autres plantes-hôtes sont à un stade de croissance plus avancé, mais la première génération peut également être problématique en juin si les champs de céréales et de maïs adjacents sont infestés. La légionnaire d'automne pose quant à elle problème à la fin de l'été.

Facteurs de risque : Sont à risque les cultures fourragères mixtes ou de graminées adjacentes à des champs de céréales et de maïs infestés.

Technique de dépistage : Le meilleur moment pour inspecter les champs est à la brunante ou juste après. On examine 10 points du champ pour évaluer le nombre de larves par zone de 30 cm² (1 pi²). Si le champ est bordé de plants de céréales ou de maïs, il faut en inspecter le pourtour pour y détruire les larves qui proviennent des champs avoisinants avant qu'elles envahissent la culture fourragère. Le jour, les larves se réfugient parfois dans les débris de culture qui jonchent le sol ou sous des mottes de terre. Il est également possible que des excréments bruns, souvent confondus avec des œufs, se trouvent sur le sol près d'un plant. Pendant le dépistage, il importe de vérifier si les larves portent des œufs de mouche parasite sur leur dos. Ces petits œufs, ovales et jaunâtres, se trouvent habituellement juste derrière la tête de la larve. De ces œufs vont naître des asticots qui tueront les larves de légionnaire (figure 12-22).



Figure 12-22. Légionnaire d'automne parasitée par un tachinaire.

Source : J. Smith, Université de Guelph, campus de Ridgetown.

Seuil d'intervention : Une intervention est justifiée si l'on trouve au moins cinq larves mesurant moins de 2,5 cm (1 po) par zone de 30 cm² (1 pi²). Dans les cultures au stade de plantules, la présence, dans un carré de 30 cm² (1 pi²), de deux ou trois larves de moins de 2,5 cm (1 po) de longueur peut justifier une intervention. Les traitements insecticides sont à éviter en présence d'un grand nombre de larves parasitées.

Stratégies de lutte :

- Si les larves mesurent plus de 2,5 cm (1 po) de longueur, il n'y a aucun avantage à appliquer un insecticide puisque le gros des dommages est déjà fait.
- Il est possible de restreindre le traitement aux zones infestées. Si les légionnaires migrent depuis des champs de maïs ou de céréales adjacents, il peut être suffisant de pulvériser l'insecticide sur le pourtour du champ.
- Des parasites et d'autres organismes utiles réussissent habituellement à maintenir les populations de légionnaires sous le seuil de nuisibilité, sauf durant les printemps frais et pluvieux, qui nuisent à ces parasites.

Hespérie des graminées

Thymelicus lineola

Cultures à risque : fléole et autres graminées

Description : L'hespérie des graminées est un ennemi sporadique de la fléole, qu'elle soit cultivée pour le foin ou pour la semence. Normalement, on trouve les larves enroulées à l'intérieur des feuilles dont elles se nourrissent. Les jeunes larves ont une tête noire qui devient progressivement brune. À maturité, les larves, vert pâle, mesurent environ 20 mm (¾ po) de longueur et ont la tête brune et deux rayures pâles. L'hespérie des graminées adulte est un papillon orange citrouille de 2,5 cm (1 po) d'envergure qui se déplace d'un champ de foin à l'autre au milieu de l'été (figure 12-23).



Figure 12-23. Hespérie des graminées adulte.

Cycle biologique : On compte une génération de cet insecte par année. Les œufs hivernent sur les tiges de résidus de culture et de mauvaises herbes et éclosent au printemps. Les jeunes larves s'enroulent dans les feuilles, qu'elles ferment grâce à un tissu soyeux. Elles se nourrissent de fléole et d'autres graminées jusqu'à la fin juin. Ensuite, les larves s'attachent aux tiges de graminées ou au revers des feuilles de mauvaises herbes et se transforment en chrysalides (stade nymphal du papillon). Les adultes émergent environ deux semaines plus tard.

Dommages : Les larves déchiquettent le pourtour des feuilles de façon irrégulière. Une infestation grave peut entraîner une défoliation, souvent attribuée à tort à la légionnaire. Lorsqu'elles sont très nombreuses, les larves se nourrissent également du sommet des plants, ne laissant que les tiges. Les adultes s'alimentent du nectar des fleurs et des mauvaises herbes et ne causent pas beaucoup de dégâts.

Technique de dépistage : Le dépistage des larves débute à la fin avril. On prélève au hasard cinq échantillons de fourrage dans une zone de 30 cm² (1 pi²) au niveau du sol, puis on les place avec des résidus de culture dans un sac qu'on laisse fermé jusqu'au lendemain matin à la température ambiante. Les chenilles sortiront des résidus et seront alors faciles à compter.

Seuil d'intervention : Une intervention peut être justifiée si l'on trouve de six à huit jeunes larves à tête brune dans une zone de 30 cm² (1 pi²).

Stratégies de lutte :

- Les recommandations concernant les insecticides figurent dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures.
- Des produits contenant du *Bacillus thuringiensis* sont conçus pour la production biologique.

Ennemis des cultures lors de l'affouragement

Les insectes nuisibles causent très rarement des dommages au foin au moment du stockage et de l'affouragement, mais les problèmes qui surviennent peuvent être graves.

Méloés

Espèces d'*Epicauta*

Description : Les méloés sont très rares en Ontario, mais on en trouve parfois dans les champs de luzerne au nord du lac Érié. Ils sont

plus présents dans les régions arides, comme le Midwest des États-Unis, et souvent associés aux infestations de sauterelles. Les trois espèces les plus communes sont le méloé noir (*Epicauta pennsylvanica*), le méloé gris cendré (*Epicauta fabricii*) et le méloé rayé (*Epicauta vittata*). Les méloés ont un corps mou et mesurent de 1 à 2,5 cm (⅜ à 1 po) de longueur. Entre leur tête et leur abdomen, leur thorax est long, ce qui lui donne l'air d'un cou. Leurs ailes sont généralement plus courtes que leur abdomen. Les méloés noir et gris cendré sont de la couleur unie que leur nom indique (figures 12-24 et 12-25). Le méloé rayé est noir et jaune. Il a deux taches noires sur sa tête et deux rayures noires le long de son thorax. Il a généralement deux rayures noires sur chacune de ses couvertures alaires, mais parfois trois dans le cas du méloé rayé du Sud des États-Unis.



Figure 12-24. Méloé noir.
Source : David Cappaert, bugwood.org.



Figure 12-25. Méloé gris cendré.
Source : Ward Upham, Kansas State University, bugwood.org.

Cycle biologique : On compte une génération par année. Les œufs sont déposés dans le sol en juillet ou en août. Les larves, qui éclosent deux à trois semaines plus tard, sont utiles puisqu'elles se nourrissent des œufs des sauterelles. Après trois stades larvaires, elles se pupifient pour hiverner dans le sol. Les adultes émergent en juin ou en juillet et se nourrissent du pollen, du nectar et des fleurs de plantes-hôtes, comme la luzerne et les mauvaises herbes en floraison. Ils s'accouplent, et après deux ou trois semaines, les femelles pondent leurs œufs.

Domages : Les méloés ne nuisent pas à la croissance des cultures.

MISE EN GARDE

Les méloés contiennent de la cantharidine, qui provoque des cloques sur la peau en cas de contact et à l'intérieur du tube digestif si elle est avalée. Les chevaux y sont particulièrement sensibles, mais les ruminants en subissent aussi les effets. Les signes d'un empoisonnement causé par le méloé sont la formation de cloques sur la peau, surtout autour des lèvres de l'animal, les ulcérations buccales, les coliques, la diarrhée et la présence de sang dans les selles et l'urine. L'ingestion d'une quantité suffisante de cantharidine peut provoquer la mort en 72 heures.



Technique de dépistage : Le dépistage se fait deux ou trois jours avant la coupe, principalement en bordure des champs et dans les zones où l'on trouve des mauvaises herbes en floraison. Les méloés ont tendance à se regrouper. Si l'on en trouve, on doit attendre qu'ils aient quitté le champ avant de récolter le foin.

Seuil de nuisibilité économique : Aucun seuil de nuisibilité économique n'a été établi pour les méloés. La présence de ces insectes diminue l'attrait commercial des cultures.

Stratégies de lutte : Pour éviter de contaminer le foin, les productrices et producteurs doivent faucher la luzerne avant qu'elle ait fleuri à 5 %, ce qui la rendra moins attrayante pour les méloés. En général, le foin de première coupe n'est pas menacé par les méloés, qui sont encore sous terre au stade larvaire. Il faut dépister les méloés lors de toutes les autres coupes avant la récolte. Les méloés morts contiennent la même quantité de toxines que les méloés vivants; l'utilisation d'insecticides est donc déconseillée pour lutter contre ces insectes^[2].

Ciron ventru

Pyemotes tritici

Description : Le ciron ventru mesure 0,2 mm de longueur et ne se voit généralement qu'au microscope, mais la femelle peut atteindre une taille de 2 mm juste avant de pondre ses œufs. Ce parasite prend pour proies les insectes à corps mou. Il vit et se reproduit dans les céréales, la paille ou le foin de graminées en réserve, mais peut aussi être présent dans les pâturages et les champs de foin.

Cycle biologique : Le passage d'œuf à adulte pondre prend de deux à quatre semaines. Le ciron ventru se nourrit de larves d'insectes. Il se multiplie rapidement par temps chaud et humide. Les installations de stockage de foin ouvertes et exposées aux vents pluvieux et à la chaleur créent un milieu propice à son développement. À l'instar des autres insectes, c'est souvent à la fin de l'été que les populations de cirons ventrus sont les plus nombreuses.

Domages : Le ciron ventru ne nuit pas à la croissance des cultures.

MISE EN GARDE

Les morsures de ciron ventru font apparaître sur la peau humaine des bosses rouges qui démangent. Les cirons peuvent mordre les humains et le bétail en cherchant des insectes à manger, mais ne peuvent heureusement pas vivre ni se reproduire sur leur corps. Contrairement aux sarcoptes de la gale, les cirons ventrus ne s'enfoncent pas dans la peau. La sensibilité aux morsures de ciron ventru varie selon la personne; dans les cas graves, les gens signalent des maux de tête, une légère fièvre, des nausées, des vomissements, de la diarrhée et des douleurs aux articulations en plus des démangeaisons. Les chevaux et le bétail peuvent aussi être mordus s'ils mangent du foin infecté ou se couchent dans de la paille infectée, mais c'est plus rare.



Technique de dépistage : On trouve généralement les morsures de ciron ventru sur la peau qui entre en contact avec le foin, comme la peau des avant-bras, des jambes et du cou. Toutefois, si les cirons se glissent sous les vêtements, on trouve souvent des morsures autour de la taille, sous les aisselles et sur la face interne des jambes.

Seuil de nuisibilité économique : Aucun seuil de nuisibilité économique n'a été établi pour les cirons ventrus.

Stratégies de lutte : Après une attaque de cirons ventrus, il faut enlever ses vêtements, les laver et se doucher. Il faut essayer de ne pas gratter les morsures et obtenir de l'aide médicale pour atténuer les symptômes. Un insectifuge contenant du DEET peut aider à prévenir les morsures. Il faut

éliminer la paille ou le foin infesté et nettoyer en profondeur l'installation de stockage. Si le fourrage ne peut être éliminé, il faut attendre le printemps suivant la récolte pour en nourrir les animaux afin de donner à la population de cirons ventrus le temps de décliner pendant l'hiver.

Utilisation et protection des ennemis naturels

Les ennemis naturels jouent un rôle clé dans la lutte contre les principaux ennemis des cultures fourragères. Les cultures vivaces comme les fourrages mixtes ont tendance à attirer une plus grande variété d'ennemis naturels que les cultures annuelles. Elles servent d'abris aux prédateurs et aux parasitoïdes, leur fournissent des sources de pollen et de nectar et leur offrent une certaine protection contre les pesticides épandus dans les champs adjacents. Pour protéger ces ennemis naturels, il faut suivre les pratiques de lutte intégrée contre les ennemis des cultures, comme le dépistage des ennemis des cultures et de leurs ennemis naturels, le choix du moment des coupes et de la récolte de manière à réduire les populations d'ennemis des cultures, ainsi que la sélection d'insecticides à risque réduit quand les seuils sont atteints et que la coupe est peu pratique.

La simple connaissance de certains des principaux ennemis naturels des ennemis des cultures fourragères permet d'en reconnaître l'importance et de déterminer si et quand la lutte chimique est nécessaire. Ces ennemis naturels sont décrits au chapitre 14, *Lutte intégrée contre les ravageurs et protection de leurs ennemis naturels et des pollinisateurs*, de la publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*.

Les abeilles domestiques, les espèces d'abeilles indigènes (p. ex. bourdons et abeilles pruinées) et les autres insectes pollinisateurs jouent un rôle important dans la pollinisation de bon nombre de cultures pratiquées en Ontario (voir le chapitre 9, *Gestion assurant la santé du sol et des écosystèmes*). Les insecticides, et parfois même ceux qui sont nuisibles aux abeilles, peuvent contrer les insectes nuisibles tout en étant compatibles avec la pollinisation pour peu que l'on prenne les précautions qui s'imposent.

Voici des suggestions grâce auxquelles les productrices et producteurs et les titulaires d'une licence de destructeur de parasites peuvent protéger les abeilles :

- Choisir le moment des traitements insecticides de manière à éviter autant que possible l'exposition des abeilles (p. ex. après la floraison). Les traitements effectués de jour, pendant que les abeilles butinent, sont les plus dangereux. On court toujours moins de risques en faisant les traitements en soirée, sauf en présence de signes d'une forte inversion de température ou d'une humidité élevée. Dans des circonstances normales, les traitements effectués après 20 h ont le temps de sécher avant le retour des abeilles le lendemain matin. À défaut de pouvoir traiter en soirée, on peut effectuer un traitement très tôt le matin; il y a alors moins d'abeilles qui butinent, bien que des résidus de pesticide puissent encore être présents. La pulvérisation doit être terminée bien avant 7 h. Même si les abeilles domestiques, comme la plupart des autres insectes pollinisateurs, s'abstiennent généralement de butiner à des températures sous les 13 °C, ce n'est pas le cas des bourdons. Avant d'effectuer une pulvérisation le matin, communiquer avec les apicultrices et apiculteurs qui ont des ruches dans un rayon de 5 km de la culture et du lieu de pulvérisation, afin qu'ils puissent prendre toutes les précautions possibles.

- Ne jamais pulvériser un produit sur une culture en fleurs que les abeilles butinent.
- Pour éviter que le brouillard de pulvérisation ne dérive vers des ruches avoisinantes, ne pas appliquer d'insecticides par temps venteux ou en présence de signes d'une forte inversion de température.
- Les abeilles domestiques et autres pollinisateurs peuvent s'empoisonner en butinant des mauvaises herbes, des arbres et des cultures couvre-sol lorsque ces espèces sont en floraison et qu'elles sont entrées en contact avec un insecticide par l'intermédiaire du brouillard de pulvérisation ou de la dérive de poussière contaminée par l'insecticide pendant l'ensemencement. Éviter que le brouillard de pulvérisation ne dérive vers des mauvaises herbes en floraison adjacentes au champ traité ou à l'intérieur de celui-ci. Dans la mesure du possible, avant les pulvérisations, tondre, à l'intérieur et en bordure des champs traités, les plantes couvre-sol et mauvaises herbes en floraison afin de contribuer à protéger les abeilles. Avant de pulvériser un insecticide ou de mettre en terre des semences traitées avec un insecticide, prendre des mesures pour combattre les mauvaises herbes en floraison, comme les pissenlits, qui sont présentes dans les champs traités.
- Dans le contexte des cultures où l'utilisation de pesticides est hautement probable, les apicultrices et apiculteurs devraient retirer leurs colonies d'abeilles dès que la pollinisation et la floraison sont terminées et avant le début des traitements insecticides postfloraison. Dans les situations d'urgence, si les colonies ne peuvent être retirées à temps, les apicultrices et apiculteurs peuvent, en plaçant une toile de jute ou un tissu mouillé à l'entrée des ruches, perturber le vol des abeilles pendant une période allant jusqu'à 12 heures et laisser ainsi plus de temps aux insecticides de sécher après les traitements. Pour prévenir une surchauffe de la ruche pendant cette période, ils doivent ménager une ouverture de 2,5 cm de part et d'autre de l'entrée de la ruche. De cette manière, les abeilles pourront quand même sortir, et la ruche sera ventilée. La toile de jute ou le tissu mouillé contribuera également à garder la colonie au frais.
- Les pesticides ne présentent pas tous la même toxicité pour les abeilles. S'il y a le moindre risque d'empoisonnement d'abeilles domestiques, choisir un produit qui n'est pas hautement toxique pour celles-ci. Si l'on a le choix entre différents produits, on choisit celui dont la composition est la moins nocive pour les abeilles.
- Toujours consulter l'étiquette la plus à jour du pesticide pour connaître le mode d'emploi. Certains pesticides ne peuvent pas être utilisés lorsque les abeilles sont actives dans la culture.

References

1. DEAN, A., B.J. LANG et E.W. HODGSON. « Aphids Observed in Alfalfa Fields », *Integrated Crop Management News*, publication 2635, 2020. [lib.dr.iastate.edu/cropnews/2635].
2. BOXLER, D. *Dealing with Blister Beetles*, University of Nebraska-Lincoln Extension, 2020. [beef.unl.edu/beefwatch/2020/dealing-blister-beetles].

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits de la source suivante du MAAARO :

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

CHAPITRE 13

Maladies

Les maladies peuvent diminuer le rendement, la qualité et la persistance des cultures fourragères. Quelques agents pathogènes peuvent produire des mycotoxines, c'est-à-dire des composés antinutritionnels qui peuvent nuire à la santé et à la production animales.

Dans le cas des cultures fourragères vivaces, la prévention est généralement plus économique que le traitement. La culture de variétés résistantes, l'utilisation de traitements adaptés aux semences, la réponse aux besoins en engrais des cultures, l'établissement de calendriers de récolte et le nettoyage de l'équipement font tous partie de la gestion des maladies des cultures fourragères. Il faut se faire une idée exacte des maladies présentes dans un champ pour en atténuer les effets sur l'apport en fourrage du champ. Un dépistage hebdomadaire peut aider les agricultrices et agriculteurs à prévenir les maladies des cultures.

La publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, décrit les maladies des cultures de maïs et de céréales qui peuvent causer de lourdes pertes économiques.

Maladies de la luzerne

Maladies des plantules

Pourriture pythienne des semences, fonte des semis et brûlure des plantules

Espèces de *Pythium*

Incidence : La nourriture pythienne des semences, la fonte des semis et la brûlure des plantules sont surtout des maladies fongiques de début de saison qui s'attaquent à la luzerne. L'infection des plants survient généralement entre le semis et plusieurs semaines après la levée.

Aspect : Les semences infectées peuvent pourrir, et les plantules gravement atteintes peuvent se flétrir, s'affaïsser et mourir. Ces maladies causent l'apparition de lésions humides ou aqueuses sur les racines et l'hypocotyle des plants infectés. Les plantules touchées peuvent avoir une tige pincée ou ceinturée à la surface du sol, ou encore atteinte de fonte des semis, ce qui entraîne leur verse et leur mort. Les parties infectées du champ forment souvent des plaques circulaires ou irrégulières.

Cycle biologique : La pourriture pythienne des semences, la fonte des semis et la brûlure des plantules sont semblables à la pourriture phytophthoréenne, en ce sens qu'elles produisent des spores mobiles qui se déplacent dans l'eau pelliculaire entre les particules du sol et finissent par infecter les racines de luzerne.

Stratégies de lutte : Des recommandations pour le traitement des semences avec des fongicides figurent dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures. Par ailleurs, il importe de drainer tout excédent d'eau dans le sol, d'éviter le compactage, de procéder au semis dans des conditions édaphiques et météorologiques propices à la levée et à la croissance rapides des plantules, et d'augmenter la densité de peuplement pour compenser toute perte.

Pourritures du collet et des racines

Anthracnose de la luzerne et anthracnose du trèfle

Colletotrichum trifolii et
Kabatiella caulivora

Incidence : L'anthracnose de la luzerne touche surtout les régions du Sud-Ouest de l'Ontario, alors que l'anthracnose du trèfle est répandue dans les champs de trèfle rouge de toute la province. Les pertes de luzerne et de trèfle rouge dues à l'anthracnose peuvent atteindre 25 %.

Aspect : Bien que les signes puissent apparaître tant sur la tige que sur les feuilles, ce sont les dommages au collet qui sont les plus graves. La maladie se manifeste sur la tige des variétés résistantes par l'apparition de petites lésions noires de forme irrégulière. Sur les variétés vulnérables, les lésions sont larges, enfoncées et en forme d'ovale ou de losange. Le centre de ces lésions varie de chamois à jaune paille et est bordé de brun foncé. Lorsque le champignon se reproduit, le centre des lésions apparaissant sur la tige des variétés vulnérables renferme de petits organes

de fructification noirs, facilement visibles à l'œil nu ou à la loupe. Dans le cas d'infections graves, les lésions fusionnent et finissent par ceinturer complètement la tige, ce qui la fait flétrir ou mourir. Les tiges et les feuilles (pousses) mortes deviennent blanches et ressemblent à un crochet. Comme ces signes apparaissent un peu partout dans les champs, on les attribue souvent à tort à deux autres maladies (la pourriture rhizoctonienne du collet et la fusariose) ou au gel. Les dommages au collet se manifestent par une coloration bleu-noir des tissus. La base des plants infectés se casse facilement. Si le tissu malade est brun clair, il s'agit probablement de la pourriture rhizoctonienne du collet ou de la fusariose, et non de l'anthracnose. L'infection du collet réduit le nombre de tiges par plant et finit par tuer ce dernier.

Dans les champs de trèfle rouge, l'anthracnose du trèfle peut s'avérer très destructrice. Outre la plupart des signes décrits ci-dessus, l'infection peut entraîner le fendillement de la surface des tiges.

Cycle biologique : Le champignon se développe à des températures modérées par temps humide. Il survit dans les tiges, les feuilles ou les résidus malades. Les spores produites au printemps sont disséminées par la pluie, qui éclabousse les plants sains. Le champignon peut se propager d'un champ à l'autre, notamment par le matériel agricole et l'érosion du sol.

Stratégies de lutte : Il faut utiliser des variétés ayant une résistance moyenne ou élevée à l'anthracnose. Il faut nettoyer l'équipement de récolte avant de passer d'un champ à l'autre. La rotation des cultures a connu peu de succès dans les luzernières, mais elle fonctionne mieux dans les champs de trèfle rouge, dont la résistance n'est pas la même.

Nécrose racinaire précoce

Aphanomyces euteiches

Incidence : La nécrose racinaire précoce peut avoir de lourdes conséquences économiques. Elle est considérée comme l'une des principales maladies des plantules de luzerne et sévit surtout dans des

sols humides et lourds. Elle s'attaque également aux plants de luzerne adultes ayant survécu et peut réduire considérablement le rendement et la vigueur des peuplements établis.

Aspect : La nécrose racinaire précoce peut se manifester sur les plantules et les plants. Les plantules infectées sont rabougries et caractérisées par leurs folioles et cotylédons jaunes ainsi que leurs racines et tiges grises et aqueuses. Les plantules gravement atteintes deviennent brun clair ou brun foncé. Les plants établis qui sont infectés deviennent rabougris et jaunes et ont un système racinaire réduit. Ces signes sont souvent attribués à tort à une carence en azote. Les plants infectés repoussent lentement après la récolte et l'hiver.

Cycle biologique : Le champignon survit dans le sol, sur des plants ou des résidus infectés. L'infection ne se déclare que si le sol est saturé d'eau. La progression de la maladie est favorisée par des températures allant de douces à élevées (16 à 30 °C) par temps humide ou pluvieux. Les champs compactés ou mal drainés sont particulièrement vulnérables. Comme l'infection survient durant la levée des plants, les plantules y sont les plus vulnérables. Le risque diminue quelque peu à mesure que le peuplement vieillit.

Stratégies de lutte : La meilleure mesure de lutte est l'emploi de variétés résistantes. Comme la maladie n'apparaît que dans des sols saturés, l'amélioration du drainage et la réduction du compactage en diminuent l'incidence. Le site ontario.ca/cultures fournit de plus amples renseignements.

Pourriture brune

Phoma sclerotioides

Incidence : La présence de la nourriture brune a été confirmée en Ontario en 2007. La maladie est probablement répandue dans toute la province. Elle survient généralement dans les régions où l'hiver est rude puisqu'elle est souvent associée à la destruction par l'hiver. Les plants atteints sortent

lentement de leur période de dormance hivernale et ont une croissance printanière retardée, ce qui entraîne une baisse de rendement.

Aspect : La racine pivotante, les racines latérales et le collet présentent des lésions brunes (presque noires) enfoncées caractéristiques. Dans les cas graves, la racine pivotante est complètement pourrie. Le champignon n'infecte pas les parties aériennes des plants de luzerne.

Cycle biologique : Comme l'agent pathogène responsable de la pourriture brune se développe lorsque la température du sol est de 15 °C ou moins, il est surtout actif en automne et au printemps, quand les conditions environnementales sont propices à l'infection et que les plants sont en dormance. L'infection des racines ou du collet peut nuire à la santé des plants durant l'hiver, favoriser l'apparition d'autres maladies et causer la destruction des plants par l'hiver, l'affaiblissement des peuplements et des pertes de rendement. Comme le champignon se développe très lentement, les dommages ne sont souvent pas visibles avant la deuxième ou la troisième année, lorsque les plants se rabougrissent ou meurent.

Stratégies de lutte : Comme les variétés résistantes offertes sur le marché ontarien sont limitées, il faut employer des méthodes pour réduire le stress occasionné aux plants avant l'hiver (p. ex. éviter la récolte tardive ou la récolte automnale excessive, maintenir la fertilité des sols et procéder à une rotation avec d'autres cultures que la luzerne pendant au moins trois ans) afin de limiter les pertes et d'augmenter la longévité des peuplements.

Pourriture phytophthoréenne

Phytophthora medicaginis

Incidence : La nourriture phytophthoréenne est une maladie grave et courante de la luzerne. Elle survient principalement dans les sols mal drainés ou les loams argileux lors de longues périodes pluvieuses.

Aspect : Comme l'infection survient durant la levée des plants, les plantules y sont les plus vulnérables. Le risque diminue quelque peu à mesure que le peuplement vieillit. Les plantules infectées sont rabougries, poussent lentement à cause de la réduction de leur système racinaire et finissent par se flétrir. Les plantules touchées peuvent avoir une tige pincée ou ceinturée à la surface du sol, ou encore atteinte de fonte des semis, ce qui entraîne leur verse et leur mort. Les parties infectées du champ forment souvent des plaques circulaires ou irrégulières. Dans le cas des plantules plus âgées ou des plants établis, des lésions aqueuses brun rougeâtre peuvent apparaître sur les racines (figure 13-1). Lorsque l'infection est grave, les lésions peuvent noircir, et la racine pivotante peut pourrir complètement. Comme les racines ne peuvent pas absorber d'eau et d'éléments nutritifs, le plant se flétrit et meurt. Les feuilles inférieures commencent par jaunir et peuvent devenir brun rougeâtre à mesure que la maladie progresse.



Figure 13-1. La pourriture phytophthoréenne frappe dès la levée; les plantules infectées sont rabougries et commencent à se flétrir.

Cycle biologique : Transmise par le sol, la pourriture phytophthoréenne peut endommager les racines et provoquer la mort des plants. Le champignon survit en tant que spores à paroi épaisse (oospores)

qui, au printemps, produisent des spores mobiles qui migrent vers les racines des plants et les infectent. L'eau joue un rôle important, car ces spores mobiles (zoospores) se déplacent dans l'eau pelliculaire entre les particules du sol. La progression de la maladie est favorisée par des températures allant de douces à élevées (21 à 32 °C) par temps humide ou pluvieux. Les champs compactés ou mal drainés sont particulièrement vulnérables. Le risque diminue quelque peu à mesure que le peuplement vieillit. Le champignon peut survivre de nombreuses années dans des tissus végétaux infectés en tant qu'oospores.

Stratégies de lutte : Dans les champs ayant déjà été infectés par la pourriture phytophthoréenne, il convient d'utiliser des variétés très résistantes et des semences traitées. Il est aussi conseillé de consulter les données techniques des fournisseurs de semences fourragères pour connaître la tolérance et la résistance des variétés aux différentes maladies, dont la pourriture phytophthoréenne. Des recommandations pour le traitement des semences avec des fongicides figurent dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures. La rotation des cultures a peu d'incidence sur la maladie. Parmi les autres mesures de lutte possibles, il y a lieu de mentionner :

- le maintien de la fertilité du sol, qui favorise la croissance des racines latérales;
- l'élimination de l'excédent d'eau par un meilleur drainage au moyen de tuyaux;
- la réduction du compactage;
- l'atténuation des facteurs de stress tels que la présence d'insectes phyllophages et de mauvaises herbes échappant aux traitements chimiques ainsi que les coupes inopportunes qui rendent les plants plus vulnérables à la maladie.

Autres pourritures du collet et des racines touchant la luzerne et le trèfle rouge

Les facteurs de stress comme les maladies foliaires, les insectes, les récoltes fréquentes ou faites au mauvais moment, les rigueurs de l'hiver et un pH du sol peu élevé augmentent la gravité des dommages causés par les pourritures des racines et du collet. La présence de facteurs de stress pendant la saison de croissance rend les plants plus vulnérables aux rigueurs de l'hiver. Pour réduire la gravité des maladies, il importe d'employer de bonnes pratiques de gestion des cultures, dont les suivantes :

- établir un calendrier de récolte approprié;
- maintenir un bon niveau de fertilité et un pH convenable;
- lutter contre les cicadelles présentes dans la luzerne;
- éviter d'endommager les collets avec la machinerie. La machinerie et le piétinement du bétail les abîment facilement, surtout lorsque le sol est mouillé.

Maladies des feuilles et des tiges

Virus de la mosaïque de la luzerne *Alfamovirus*

Incidence : Le virus de la mosaïque de la luzerne réduit la vigueur des plants et peut causer des pertes de peuplement au fil du temps. Un taux élevé d'infection peut réduire de 30 % le rendement de la première coupe d'un plant l'année après que celui-ci a contracté le virus; les coupes suivantes sont moins touchées. Le trèfle, les pois, les pommes de terre et le soya sont également vulnérables.

Aspect : Des marbrures jaunes apparaissent sur les feuilles (figure 13-2). C'est souvent au printemps et à l'automne que ces signes sont les plus visibles, quand le temps est frais.



Figure 13-2. Virus de la mosaïque de la luzerne.

Cycle biologique : Le virus de la mosaïque de la luzerne est souvent transmis par le puceron du pois. L'apparition de signes pendant la croissance printanière signifie que l'infection est probablement survenue à l'automne et que le virus a passé l'hiver dans le collet du plant. Le virus peut aussi être introduit dans un champ par des semences infectées.

Stratégies de lutte :

- Les insecticides contre les pucerons sont inefficaces pour empêcher la transmission du virus de la mosaïque de la luzerne. Après la pulvérisation, le champ se fait rapidement infester de nouveau par les pucerons des champs avoisinants, qui continuent de propager la maladie.
- Le virus de la mosaïque de la luzerne peut être transmis par des semences infectées. Il faut utiliser des semences certifiées pour réduire le risque d'introduction dans les semences de luzerne.
- L'élimination des mauvaises herbes à feuilles larges dans les champs et les zones périphériques où le virus de la mosaïque de la luzerne peut être présent aide à en réduire la transmission.
- Lorsqu'une infection est assez grave pour diminuer considérablement le rendement, il faut supprimer le peuplement et procéder à une rotation avec d'autres cultures que la luzerne.

Flétrissement bactérien

Clavibacter michiganensis

Incidence : Le flétrissement bactérien était auparavant l'une des maladies de la luzerne les plus dévastatrices en Ontario et partout où était cultivée la luzerne. La maladie est cependant moins courante aujourd'hui grâce à la mise au point de variétés résistantes.

Aspect : Le flétrissement bactérien se manifeste à mesure que le peuplement vieillit (trois ans ou plus). Les plants infectés sont rabougris et jaune-vert. Lorsque l'infection est grave, les plants ont une tige amincie et de petites feuilles déformées; les plants ayant subi un stress hydrique ou thermique, ou les deux, se flétrissent ou meurent un peu partout dans le peuplement. En fait, l'infection stresse le plant et augmente sa vulnérabilité à la destruction par l'hiver. La coupe transversale de la racine pivotante révèle des tissus vasculaires brun clair ou jaunes près du pourtour.

Cycle biologique : La maladie est causée par une bactérie du sol qui survit pendant au moins 10 ans dans les racines de luzerne et les résidus de culture. Elle pénètre les plants par les blessures sur les racines et le collet ou par les tiges coupées. La bactérie se développe dans les tissus de transport d'eau et d'éléments nutritifs (système vasculaire) et les obstrue, ce qui provoque le flétrissement du plant.

Stratégies de lutte : Toutes les variétés recommandées sont résistantes. Comme la maladie se répand par les blessures, il est conseillé de faucher d'abord les jeunes peuplements, moins vulnérables, pour ensuite passer aux plus vieux. Il faut attendre que les peuplements soient secs pour les faucher, afin de limiter ou de réduire la propagation éventuelle de l'infection. La bactérie peut se propager par les semences et le foin.

Taches communes et taches de poivre

Pseudopeziza medicaginis et *Leptosphaerulina trifolii* ou *L. briosiani*

Incidence : De ces deux maladies foliaires répandues en Ontario, la maladie des taches communes est la plus destructrice. Elle peut entraîner une défoliation précoce et ainsi diminuer la qualité et le rendement du foin, de même qu'affecter la santé de la culture et lui faire perdre de sa vigueur. Il arrive que l'on confonde les taches de poivre avec les taches communes, car elles se présentent toutes deux au début comme de petits points noirs de 1 à 2 mm (environ 1/16 po) de diamètre au centre chamois ou brun généralement entourés d'un halo jaune. Contrairement aux taches communes, les taches de poivre finissent par s'amalgamer et former des lésions plus étendues (figure 13-3).



Figure 13-3. Les taches de poivre se présentent au début comme de petits points sombres au centre chamois entourés d'un halo jaune, qui s'élargissent et finissent par s'amalgamer.

Aspect : Ces maladies se manifestent d'abord sur les feuilles inférieures et progressent vers le haut. Les taches communes sont de petites taches rondes brunes ou noires de 1 à 2 mm (environ 1/16 po) de diamètre. Ces lésions s'amalgament rarement. Souvent, le centre des lésions sur le dessus des feuilles est surélevé. Il contient des organes de fructification (bosses) noirs facilement visibles à la loupe. En cas de doute, on peut mettre quelques feuilles infectées et des essuie-tout mouillés dans un sac en plastique, ce qui accélérera la production de ces organes de fructification. Les feuilles atteintes jaunissent (feuilles chlorosées) et tombent prématurément.

Cycle biologique : Comme le temps frais et pluvieux favorise le développement des taches, on les trouve principalement sur les feuilles des premières coupes (au printemps et au début de l'été) et des repousses (à l'automne). Les champignons survivent sur les feuilles infectées et sur les feuilles mortes tombées au sol. Les spores produites sur les feuilles vivantes et mortes sont portées par l'air vers de nouveaux sites d'infection. Les jeunes feuilles sont les plus vulnérables.

Stratégies de lutte : Il importe de récolter le fourrage en temps opportun pour réduire les pertes de feuilles et l'incidence de la maladie dans la repousse. On trouve sur le marché certaines variétés tolérantes aux taches communes, mais aucune n'a de résistance ou de tolérance aux taches de poivre. Il existe peu de stratégies efficaces de lutte contre les taches foliaires dans les fourrages. Comme ces taches peuvent réduire la teneur en protéines des feuilles de légumineuses, il importe d'établir le moment de la récolte en fonction de la teneur optimale (au stade du bouton pour la luzerne) et de la progression de la maladie. Les produits recommandés figurent dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario.

Fusariose

Fusarium oxysporum

Incidence : Une température élevée du sol favorise la progression de la fusariose, qui frappe habituellement les peuplements de deux ans et plus.

Aspect : La maladie se manifeste d'abord par le flétrissement des tiges, puis par le blanchiment des feuilles et des tiges, qui deviennent parfois rougeâtres. La pourriture fusarienne prend l'aspect de filaments brun foncé ou roux au centre de la racine pivotante (figure 13-4). On la confond souvent avec le flétrissement bactérien, qui donne une couleur généralement plus brun-jaune. Chez les jeunes plants, elle peut ressembler à la fonte des semis.



Figure 13-4. La pourriture fusarienne prend l'aspect de filaments brun foncé ou roux dans le xylème des racines.

Cycle biologique : Les spores fongiques peuvent survivre indéfiniment dans le sol.

Stratégies de lutte :

- Il faut utiliser des variétés résistantes ou très résistantes à la fusariose.
- Une longue rotation (au moins trois ou quatre ans) avec des cultures autres que la luzerne peut réduire quelque peu la quantité de spores.
- L'épandage de chaux pour maintenir le pH du sol entre 6,5 et 7,0 peut réduire l'incidence de la maladie.

Verticilliose

Verticillium albo-atrum

Incidence : Dans la luzerne, l'incidence de la verticilliose augmente avec l'âge du peuplement; la maladie survient donc principalement après la deuxième année de culture. On trouve le champignon responsable de la maladie dans la plupart des régions du Sud de l'Ontario. Il se peut que l'on observe dans les champs qui ont déjà été infectés par la maladie des plants morts dans de

jeunes peuplements (deuxième année). La verticilliose peut réduire le rendement de 50 % et abrégé la vie du peuplement.

Aspect : Au début, seulement quelques tiges sont touchées. Tôt ou tard, les feuilles des plants infectés finissent par se flétrir, s'enrouler vers l'intérieur et prendre une couleur brun orangé ou brun chamois (figure 13-5). Dans les premiers stades de la maladie, les feuilles ont un « V » jauni à l'extrémité des folioles. La croissance est souvent considérablement retardée, et les plants finissent par mourir. Même si toutes les feuilles meurent, les tiges restent vertes. Le champignon pénètre le plant par la racine ou les tiges coupées et se propage des vieux peuplements infectés aux jeunes peuplements par l'équipement de récolte, les insectes et le fumier. La maladie provoque le brunissement des tissus vasculaires des racines et des tiges, que l'on peut observer en coupant la tige.



Figure 13-5. Entraînant un retard de croissance, la verticilliose ne touche au départ que quelques tiges, dont les feuilles se flétrissent, s'enroulent vers l'intérieur et changent de couleur.

Cycle biologique : Généralement, le champignon *Verticillium* pénètre le plant par les racines; il empêche le plant d'absorber l'eau, ce qui entraîne son flétrissement. Il hiverne dans les résidus de plants infectés et, par temps frais et humide, produit de nombreuses spores sur les tissus malades.

Stratégies de lutte : Le meilleur moyen de maîtriser la maladie est d'utiliser des variétés cotées résistantes ou très résistantes. Il est aussi conseillé de consulter les données techniques des fournisseurs de semences fourragères pour

connaître la tolérance et la résistance des variétés aux différentes maladies, dont la verticilliose. Le traitement fongicide des semences réduit les infections précoces. Des recommandations concernant les fongicides figurent dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures. Le champignon se répand principalement par l'intermédiaire de la barre de coupe de l'équipement de récolte des fourrages. Avant la récolte, il faut nettoyer cette barre avec une solution à 1 % d'agent de blanchiment, puis la rincer à l'eau claire et l'huiler. On fauche d'abord les champs non infestés les plus jeunes pour ensuite passer aux plus vieux. La récolte précoce peut limiter les pertes de rendement et de qualité, ainsi que ralentir la propagation du champignon d'un champ à l'autre. Il doit y avoir un intervalle de deux ou trois ans entre les cultures de luzerne. De plus, il importe d'adopter un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes, car certaines peuvent servir d'hôtes intermédiaires.

Maladies des graminées

Oïdium (blanc) *Blumeria graminis*

Incidence : L'oïdium touche la plupart des espèces de graminées et de céréales. Il n'a jamais été considéré comme une maladie des fourrages pouvant causer de lourdes pertes économiques, mais il peut diminuer l'attrait du foin de fléole sur les principaux marchés d'exportation. L'oïdium peut nuire au rendement et à la qualité des cultures.

Aspect : Le signe caractéristique de l'oïdium est la moisissure duveteuse blanche ou grise qui se forme souvent d'abord sur les feuilles du bas (figure 13-6). Dans des conditions favorables, l'infection peut progresser rapidement vers le haut sur les feuilles, les gaines foliaires, les tiges et les épis. Les feuilles se couvrent alors de stries jaunes allongées ou de zones qui peuvent brunir et mourir

prématurément. Les plants gravement atteints peuvent verser. Les zones gris clair de la moisissure, plus vieilles, ont souvent de petites taches noires. La moisissure est surtout visible au petit matin, lorsque les plants sont encore mouillés. Comme l'infection est superficielle, on peut facilement enlever la moisissure en grattant la surface des zones atteintes.



Figure 13-6. Signes de l'oïdium.

Cycle biologique : Le champignon survit dans les résidus de culture, comme la paille ou le chaume, et sur les plantes-hôtes vivantes, comme les graminées vivaces, les céréales d'automne et la fléole. Surtout disséminées par le vent, les spores libérées ont besoin d'un taux d'humidité relative frôlant les 100 % et de températures entre 15 et 21 °C. Les conditions météorologiques qui assèchent le champ, par exemple les jours chauds, secs et ensoleillés, ralentissent la progression de la maladie, qui s'arrête dès que les températures atteignent plus de 25 °C. Un peuplement dense et une culture vigoureuse peuvent nuire à l'assèchement des feuilles et créer des conditions propices à l'oïdium. L'oïdium progresse rapidement dans les champs ayant reçu de fortes doses d'azote, élément qui favorise le tallage, ce qui donne des peuplements denses et augmente la vulnérabilité des cultures. Il importe de faire le dépistage de l'oïdium dans les champs qui ont reçu plus de 78 kg/ha (70 lb/acre) d'azote.

Stratégies de lutte :

- Une rotation des cultures qui délaisse la fléole, le blé ou les autres espèces sensibles pendant au moins deux ans peut réduire l'incidence de la maladie.
- Il faut choisir des variétés résistantes^[1].

Rouilles

Les rouilles sont les maladies les plus courantes des graminées fourragères. Les champignons qui en sont responsables ne produisent pas de mycotoxines, mais des niveaux de rouille élevés peuvent amener le bétail à refuser de s'alimenter ou le faire tousser. Les rouilles diminuent l'attrait commercial des cultures de foin.

Rouille couronnée

Puccinia coronata

Incidence : La rouille couronnée est l'une des principales maladies de la fétuque et du ray-grass, mais elle touche aussi le brome, le dactyle pelotonné, la fléole, le pâturin et l'alpiste roseau. Quand elle s'attaque à l'avoine fourragère – on l'appelle alors souvent « rouille des feuilles » –, elle pose un problème majeur. La rouille couronnée de l'avoine est généralement grave et peut causer de lourdes pertes, surtout dans le Centre et l'Est de l'Ontario.

Aspect : Le signe le plus caractéristique de la maladie est la production de pustules orange sur les feuilles et les gaines de l'avoine. Ces pustules peuvent produire des milliers de spores jaune-orange qui peuvent se disséminer dans d'autres champs ou infecter les plants adjacents. La maladie peut progresser rapidement dans des conditions propices, et de nouvelles pustules peuvent se former tous les 7 à 10 jours.

Cycle biologique : L'agent pathogène n'est transmis ni par les semences, ni par le sol. La principale source locale de spores est le nerprun cathartique, mais des spores sont également portées par le vent depuis le Sud des États-Unis. Il existe différentes espèces de champignons qui peuvent se modifier et nuire au rendement d'une variété donnée au fil

du temps. La maladie est surtout problématique lorsqu'elle frappe tôt dans la saison, que le temps est doux ou chaud (de 20 à 25 °C) le jour et frais (de 15 à 20 °C) la nuit, et qu'il y a suffisamment d'humidité (pluie, rosées fréquentes).

Stratégies de lutte :

- Il faut éliminer l'hôte intermédiaire, le nerprun cathartique, pour réduire l'incidence de la rouille couronnée.
- Il faut opter pour des variétés qui résistent à la rouille couronnée.
- Il faut couper les plants tôt pour réduire les pertes^[2].

Rouille des feuilles et rouille jaune du pâturin

Puccinia poarum/*Uromyces dactylidis*,
Puccinia poae-nemoralis

Incidence : Parmi les espèces-hôtes de *Puccinia poarum*, citons la fléole, la fétuque et le pâturin. Dans le dactyle pelotonné, la rouille des feuilles est généralement causée par *Uromyces dactylidis*, bien que le champignon puisse aussi infecter la fétuque et le pâturin. La rouille jaune du pâturin s'attaque au pâturin et à la fétuque. Une infection grave peut diminuer le rendement et la qualité du fourrage.

Aspect : La rouille des feuilles affecte le limbe et la gaine foliaires. Les pustules, situées sur le dessus des feuilles, peuvent être jaune-orange ou brun-jaune.

Cycle biologique : *Puccinia poarum* hiverne sur le tussilage, qui devient une source d'infection le printemps suivant. Son cycle biologique est semblable à celui du champignon qui cause la rouille noire. *Uromyces dactylidis* hiverne sur les espèces de *Ranunculus* (renoncules).

Stratégies de lutte :

- Il faut utiliser des variétés qui résistent à la rouille des feuilles.
- Il faut couper les plants tôt pour réduire les pertes^[3].

Rouille noire

Puccinia graminis

Incidence : La rouille noire diminue le rendement et la qualité du fourrage ainsi que la production de semences. La fléole, le dactyle pelotonné, la fétuque, le ray-grass et le pâturin sont autant d'espèces-hôtes. *Puccinia graminis* est un champignon qui s'attaque aussi aux céréales.

Aspect : La rouille noire se manifeste d'abord par l'apparition de taches brun rougeâtre sur les deux faces des feuilles, les tiges et les épis. Quand les taches s'étendent, elles éclatent et libèrent des spores dans l'air. La surface des tissus paraît alors déchiquetée (figure 13-7). Sur un plant mature, le champignon atteint parfois un stade caractérisé par l'apparition de taches brun-noir oblongues.



Figure 13-7. La rouille noire peut toucher les gaines foliaires, les tiges et les épis.

Cycle biologique : Le champignon responsable de la rouille noire a besoin de l'épine-vinette pour compléter son cycle biologique. Les spores produites par la rouille infectent l'épine-vinette, où le champignon franchit un autre stade de croissance et libère des spores qui font apparaître une rouille rouge sur les graminées fourragères.

Stratégies de lutte :

- Il faut éliminer l'hôte intermédiaire, l'épine-vinette, pour réduire l'incidence de la rouille noire.
- Il faut choisir des variétés résistantes.
- Il faut couper les plants tôt pour réduire les pertes^[4].

Rouille jaune*Puccinia striiformis*

Incidence : La rouille jaune peut faire perdre leur sapidité aux graminées et diminuer la production de semences. Ses espèces-hôtes comprennent la fléole, le dactyle pelotonné, la fétuque, le ray-grass et le pâturin. *Puccinia striiformis* est un champignon qui s'attaque aussi aux céréales.

Aspect : La rouille jaune (figure 13-8) touche habituellement le limbe des feuilles et parfois les épis dans les cas très graves, mais rarement les gaines foliaires et les tiges. Les lésions jaune-orange causées par la rouille jaune ressemblent à de petites cloques circulaires qui fusionnent pour former des rayures.

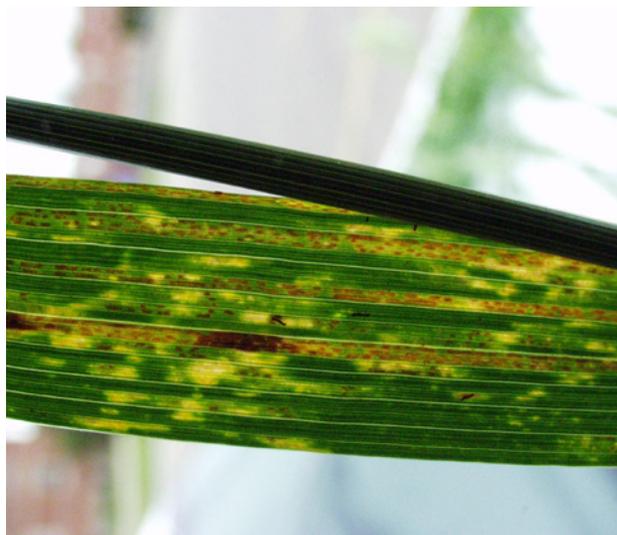


Figure 13-8. Les lésions jaune-orange causées par la rouille jaune ressemblent à de petites cloques circulaires qui fusionnent pour former des rayures.

Cycle biologique : La rouille jaune n'a pas besoin d'un hôte intermédiaire pour compléter son cycle biologique. L'agent responsable de la rouille jaune n'hiverne pas en Ontario et, parmi les agents responsables des divers types de rouille, c'est le seul qui préfère les températures fraîches. En effet, la progression de la rouille jaune est favorisée au début du printemps ou durant une longue période de temps frais (de 10 à 15 °C) combinée à des feuilles qui restent mouillées.

Stratégies de lutte :

- Il faut opter pour des variétés qui résistent à la rouille jaune.
- Il faut couper les plants tôt pour réduire les pertes^[5].

Septoriose et taches septoriennes*Espèces de Septoria*

Incidence : De nombreuses espèces de *Septoria* causent des maladies foliaires des graminées et des céréales. Ces maladies n'ont jamais été considérées comme des maladies des fourrages pouvant causer de lourdes pertes économiques, mais elles peuvent diminuer l'attrait du foin de fléole sur les principaux marchés d'exportation. Le brome, le ray-grass et l'alpiste roseau sont également des espèces-hôtes.

Aspect : La septoriose se manifeste d'abord par de petites taches vert clair ou jaunes entre les nervures des feuilles du bas (figure 13-9); ces taches s'allongent ensuite pour créer des lésions brun rougeâtre de forme irrégulière. À l'intérieur de ces lésions, on peut facilement observer à la loupe des pycnides (organes de fructification du champignon) brun foncé ou noirs.

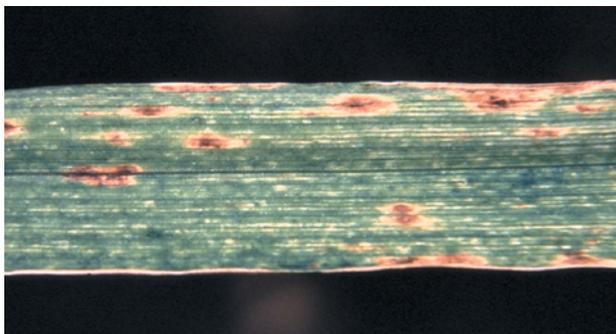


Figure 13-9. La septoriose se manifeste par de petites taches vert clair ou jaunes qui s’allongent pour créer des lésions brun rougeâtre.

Cycle biologique : Les champignons du genre *Septoria* survivent dans les semences, la paille, le chaume ou les feuilles mortes. Leur développement est favorisé par des conditions pluvieuses ou humides et des températures modérées; avec l’oïdium, les maladies foliaires qu’ils causent sont donc souvent les premières à se manifester au printemps. De longues périodes de pluie en mai et au début de juin augmentent l’incidence des maladies. Au stade foliaire, les deux maladies progressent normalement de bas en haut (infections secondaires). La septoriose peut être contractée sous la neige.

Stratégies de lutte :

- Il faut effectuer une rotation avec des cultures qui ne servent pas d’hôtes, soit des légumineuses et des plantes herbacées non graminoides.
- En éliminant ou en enterrant les résidus de plant, on peut réduire la quantité de spores.
- Si les peuplements sont denses à l’arrivée de l’hiver, l’incidence de la maladie pourrait être accrue le printemps suivant. Un programme de fertilisation équilibré peut empêcher une croissance automnale excessive qui risquerait d’aggraver la maladie^[6].

Endophytes

Les endophytes sont des champignons qui se développent à l’intérieur des plants. Les plants infectés ne semblent pas différents des plants non infectés. Bien que les endophytes ne soient généralement pas considérés comme des maladies des cultures fourragères, ils sont fortement liés à la production animale et végétale. Une fois qu’un peuplement est infecté – souvent par des semences contenant des champignons –, il est impossible d’éliminer les endophytes.

Chez le bétail, l’intoxication à la fétuque élevée est causée par un endophyte qui produit un alcaloïde appelé ergovaline sous l’effet du stress. Si les bovins, les moutons et les autres animaux d’élevage broutent de grandes quantités de fétuque élevée infectée, leur santé peut être compromise. De plus, les bovins peuvent devenir plus sensibles au stress dû à la chaleur. Chez les chevaux, l’intoxication à la fétuque élevée touche les juments poulinières, prolongeant la gestation et causant des avortements, des difficultés à mettre bas et une production de lait insuffisante.

Le même type de problèmes de santé animale associés aux endophytes peut survenir par l’intermédiaire du ray-grass vivace.

Les endophytes diminuent la sapidité des graminées. L’utilisation de semences exemptes d’endophytes atténuera ce problème. En outre, la sapidité est rehaussée avec l’arrivée du temps frais et des gelées automnales. Le foin de fétuque élevée est bon au goût pour les bovins et les moutons. Les semences des variétés fourragères de fétuque élevée offertes sur le marché étant essentiellement exemptes d’endophytes, il n’y a pas à craindre qu’elles causent des problèmes de santé animale. Cependant, les variétés de fétuque et de ray-grass destinées aux gazons sont à éviter, car elles contiennent souvent des endophytes.

En Nouvelle-Zélande, des études ont révélé que les variétés de fétuque élevée et de ray-grass vivace exemptes d’endophytes sont moins persistantes

et plus vulnérables aux insectes nuisibles. Cette découverte a mené à la mise au point d'un nouvel endophyte qui ne produit pas les alcaloïdes affectant le rendement du bétail et qui protège quand même les graminées-hôtes. Les variétés de fétuque élevée et de ray-grass vivace contenant ce nouvel endophyte ne sont pas offertes au Canada pour le moment.

Gestion des maladies

Rotation des cultures

Tout programme de lutte contre les ennemis des cultures doit prévoir la rotation des cultures. En cultivant par intervalles des espèces qui ne servent pas d'hôtes, on peut briser le cycle biologique des agents pathogènes et réduire la pression exercée par les maladies. Les besoins alimentaires sont un facteur décisif dans la sélection des cultures à inclure dans une rotation des cultures fourragères. Il convient de travailler avec une ou un nutritionniste afin de trouver des façons d'alterner les cultures dans les rations pour diversifier le plan de culture.

Le recensement précis des maladies peut orienter les décisions relatives à la rotation des cultures. La rotation des cultures fourragères peut facilement laisser beaucoup de place aux graminées; une bonne connaissance des maladies qui se transmettent d'une espèce à une autre peut aider à prévenir les problèmes. Dans la mesure du possible, il faut alterner entre des graminées et des légumineuses ou des plantes herbacées non graminéides autres que des légumineuses.

Il faut aussi tenir compte de la persistance des agents pathogènes. Pour atténuer les effets des maladies transmises par le sol, il est recommandé d'éviter de cultiver des brassicacées dans un même champ plus d'une fois aux quatre ans^[7].

Fongicides foliaires

Les étiquettes des fongicides recommandent un délai d'attente avant la récolte, soit un intervalle de temps à respecter entre l'application et la coupe ou le broutage. Les fongicides ne conviennent pas tous aux fourrages, même si leur étiquette indique qu'ils sont conçus pour être utilisés sur les cultures fourragères – surtout les espèces couramment destinées à la production de céréales. Certaines étiquettes mentionnent clairement que le produit ne peut pas être utilisé sur les cultures destinées à l'alimentation, au fourrage ou à l'ensilage. D'autres encore ne mentionnent pas l'ensilage ni le fourrage. Les effets de ces produits sur le bétail n'ont pas été testés, et les cultures traitées avec ceux-ci ne doivent donc pas servir à l'alimentation.

Pour en savoir plus, voir le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures. Toujours lire l'étiquette et respecter le mode d'emploi.

Des recherches démontrent que l'utilisation de fongicides sur les cultures fourragères est rentable uniquement pour quelques espèces et maladies.

Luzerne

Selon des travaux réalisés au Wisconsin, même lorsque les prix du foin sont élevés, les probabilités que l'application d'un fongicide soit rentable et génère une valeur ajoutée sont inférieures à 50 %. Or, plusieurs études indiquent que l'utilisation de fongicides sur la luzerne a plus de chances d'être rentable lorsque les critères suivants sont respectés :

- les conditions météorologiques favorisent la progression des maladies fongiques;
- aucun cultivar résistant aux maladies fongiques n'est offert sur le marché;
- la culture a un potentiel de rendement élevé;
- les intervalles de coupe sont longs (35 jours ou plus)^[8,9,10].

Maïs

Il n'existe pas de consensus dans la littérature scientifique quant à savoir si le risque de trouver des mycotoxines dans le maïs à ensilage est plus élevé ou moins élevé que le risque d'en trouver dans le maïs-grain. Certaines études montrent que les feuilles et les tiges contiennent souvent une plus grande concentration de déoxynivalénol (DON) que les épis et les grains^[11,12]. Selon d'autres études, les tiges et les épillets sont peut-être plus vulnérables aux maladies fongiques, mais comme les cultures entières sont récoltées, toutes les mycotoxines présentes sont diluées dans le maïs à ensilage et représentent donc un moins grand risque que dans le grain alimentaire^[13].

La plupart des études sur l'utilisation de fongicides dans le maïs mettent l'accent sur la production céréalière. Un projet de recherche mené dans l'Est de l'Ontario portait sur la réduction des mycotoxines et le rendement du maïs à ensilage de 2013 à 2015. Les conditions météorologiques ont été le principal facteur permettant de déterminer si les concentrations de mycotoxines étaient suffisantes pour nuire à la santé ou à la production animales. Le DON est la mycotoxine qui a été trouvée en plus grandes quantités sur trois ans. L'application de fongicides a réduit la concentration de DON de 66 % en moyenne dans l'ensilage. Le rendement a légèrement augmenté (de 4 % en moyenne), mais cette hausse était insuffisante pour couvrir à elle seule les coûts de l'application^[14].

Avoine

L'avoine peut être très vulnérable à la rouille couronnée. Il faut choisir des variétés résistantes pour le fourrage. Les résultats des essais du Comité ontarien des cultures céréalières (gocereals.ca) précisent les cotes de résistance. Il faut aussi surveiller les signes de maladie dans les peuplements. Si l'on trouve de la rouille couronnée et que les conditions météorologiques en favorisent la progression, on doit envisager d'utiliser un fongicide. Des renseignements sur les différents traitements fongicides figurent dans le Centre de protection des cultures de l'Ontario à l'adresse ontario.ca/protectiondescultures.

Références

1. BRAVERMAN, S.W., F.L. LUKEZIC, K.E. ZEIDERS et J.B. WILSON. *Diseases of Forage Grasses in Humid Temperate Zones*, Penn State Extension, 1985. [extension.psu.edu/diseases-of-forage-grasses-in-humid-temperate-zones].
2. BRAVERMAN, S.W., F.L. LUKEZIC, K.E. ZEIDERS et J.B. WILSON. *Diseases of Forage Grasses in Humid Temperate Zones*, Penn State Extension, 1985. [extension.psu.edu/diseases-of-forage-grasses-in-humid-temperate-zones].
3. BRAVERMAN, S.W., F.L. LUKEZIC, K.E. ZEIDERS et J.B. WILSON. *Diseases of Forage Grasses in Humid Temperate Zones*, Penn State Extension, 1985. [extension.psu.edu/diseases-of-forage-grasses-in-humid-temperate-zones].
4. BRAVERMAN, S.W., F.L. LUKEZIC, K.E. ZEIDERS et J.B. WILSON. *Diseases of Forage Grasses in Humid Temperate Zones*, Penn State Extension, 1985. [extension.psu.edu/diseases-of-forage-grasses-in-humid-temperate-zones].
5. BRAVERMAN, S.W., F.L. LUKEZIC, K.E. ZEIDERS et J.B. WILSON. *Diseases of Forage Grasses in Humid Temperate Zones*, Penn State Extension, 1985. [extension.psu.edu/diseases-of-forage-grasses-in-humid-temperate-zones].
6. BRAVERMAN, S.W., F.L. LUKEZIC, K.E. ZEIDERS et J.B. WILSON. *Diseases of Forage Grasses in Humid Temperate Zones*, Penn State Extension, 1985. [extension.psu.edu/diseases-of-forage-grasses-in-humid-temperate-zones].
7. DUFOUR, R. *Tipsheet: Crop Rotation in Organic Farming Systems*, National Centre for Appropriate Technology, 2015. [www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Crop%20Rotation%20in%20Organic%20Farming%20Systems_FINAL.pdf].
8. LANG, B., et K. PECINOVSKY. « Five-Year Summary of Foliar Fungicides for Alfalfa Production », dans *Animal Industry Report* [En ligne], vol. 663, feuillet R3148, 2017. [http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol663/iss1/21].
9. SAMAC, D.A., B. HALFMAN, B. JENSEN, F. BRIETENBACH, L. BEHNKEN, J. WILLBUR, D. UNDERSANDER, G. BLONDE et J.F.S. LAMB. *Evaluating Headline Fungicide on Alfalfa Production and Sensitivity of Pathogens to Pyraclostrobin*, Plant Management Network, 2013. [<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHP-2013-0917-01-RS>].
10. SMITH, D.L. « Knowing when and where fungicides fit in alfalfa management », dans *Progressive Forage* (édition de l'Est), mai 2018.
11. MANSFIELD, M.A., E.D. DE WOLFE et G.A. KULDAU. « Relationships Between Weather Conditions, Agronomic Practices, and Fermentation Characteristics with Deoxynivalenol Content in Fresh and Ensiled Maize », dans *Plant Disease*, vol. 89, 2005, p. 1151-1157.
12. DIMENNA, M.E., D.R. LAUREN et A. HARDACRE. « Fusaria and Fusarium toxins in New Zealand maize plants », dans *Mycopathologica*, vol. 139, 1997, p. 165-173.

13. OLDENBURG, E., F. HOPNER, F. ELLNER et J. WEINERT. « Fusarium diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed », dans *Mycotoxin Research*, vol. 33, 2017, p. 167-182.
14. BANKS, S. « Proline Fungicide on Corn Silage to Reduce Mycotoxins 2013, 2014 & 2015 » [rapport final], dans les rapports *Crop Advances*, Association pour l'amélioration des sols et des récoltes de l'Ontario, 2015. [www.ontariosoilcrop.org/wp-content/uploads/2016/02/V12-2015CrpAdv_Cor1_Proline-Fungicide-on-Corn-Silage-to-Reduce-Mycotoxins-Final-Report-Copy.pdf].

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits de la source suivante du MAAARO :

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Récolte

Moment

Le stade de maturité au moment de la récolte est le facteur le plus déterminant de la qualité nutritionnelle d'une culture fourragère.

Le rendement du fourrage représente la quantité de matière sèche produite. Comme les cultures céréalières doivent avoir une teneur en eau acceptée par l'industrie à des fins de normalisation du rendement (p. ex. 15,5 % d'eau pour le maïs-grain et 13 % pour le soya), le rendement du fourrage est toujours calculé en fonction de la matière sèche ou d'une teneur en eau de 0 %. Puisque contrairement aux céréales, les fourrages peuvent être conservés à divers taux d'humidité, le calcul du rendement en fonction de la matière sèche permet de comparer des fourrages stockés de différentes façons. De plus, les rations du bétail sont préparées en fonction de la matière sèche. Habituellement, les fourrages atteignent leur rendement optimal à la pleine floraison, mais certaines cultures à coupes multiples produisent un meilleur rendement au cours de la saison de croissance si elles sont coupées tôt, puisque la coupe d'une culture avant le début de ses stades reproductifs favorise la repousse.

La qualité nutritionnelle diminue à mesure que les plants poussent, sauf dans le cas du maïs à ensilage, dont les grains contiennent beaucoup d'amidon (voir le chapitre 4, *Maïs à ensilage*, pour en savoir plus). Pendant les stades végétatifs du fourrage, la diminution de la quantité de protéines brutes et de fibres digestibles ainsi que l'augmentation de la teneur en lignine qui en découle sont relativement minimales. Toutefois, au cours des stades reproductifs, le taux de lignification des plants augmente, tandis que la teneur en protéines brutes et en fibre digestibles diminue très vite. Lorsque vient le temps de choisir le bon moment pour récolter le fourrage, il faut trouver un équilibre entre l'augmentation du rendement et la diminution de la qualité nutritionnelle de manière à répondre le mieux aux besoins du bétail.

La qualité nutritionnelle des graminées diminue plus vite que celle des légumineuses. Les peuplements mixtes doivent être récoltés lorsque les graminées (y compris les céréales) sont prêtes. Si les légumineuses viennent à maturité plus tard que les graminées, le fait d'attendre que les légumineuses atteignent leur stade de croissance idéal donnera un rendement supérieur, mais une qualité de fourrage inférieure.

De plus, il faut du temps sec pour produire du foin sec. Il faudra peut-être faire un compromis entre du foin coupé au moment idéal qui a été sous la pluie et du foin un peu plus mûr qui n'a pas été exposé à la pluie. L'ensilage, y compris en balles, ne nécessite pas autant de fanage; par conséquent, la période de temps sec requise pour sécher les cultures est généralement plus courte. Les productrices et producteurs ne sont donc pas toujours forcés de choisir entre une culture dont l'état de maturité est optimal et une culture coupée qui n'a pas été sous la pluie.

Degrés-jours de croissance

Les degrés-jours de croissance (DJC), qui sont une estimation de la chaleur accumulée, servent à évaluer le développement des plants, des insectes et des maladies durant la saison de croissance. Ce développement dépend beaucoup de la température et de l'accumulation quotidienne de chaleur. La quantité de chaleur nécessaire pour qu'un organisme passe d'un stade à un autre reste constante d'année en année, mais selon les conditions atmosphériques, le temps (nombre de jours) requis peut varier considérablement d'une année à l'autre.

Il existe pour chaque espèce une température de base minimale ou un seuil sous lequel elle ne se développe pas. Cette température de base a été déterminée de façon expérimentale et diffère selon l'organisme. Les DJC sont très utiles pour prévoir le développement de chacun. Pour calculer les DJC d'une journée, il faut d'abord déterminer la température moyenne de la journée. Pour ce faire, on additionne généralement les températures minimale et maximale de la journée et on divise la somme par deux. On soustrait ensuite la température de base de la température moyenne pour obtenir la valeur de DJC quotidienne. Si cette valeur est négative, on la ramène à zéro. Les valeurs de DJC quotidiennes sont ensuite additionnées (accumulées) pendant la saison de croissance.

Voici l'équation en usage au MAAARO pour calculer les DJC :

Valeur de DJC quotidienne =
 $((T_{\max} + T_{\min}) \div 2) - T_{\text{base}}$

T_{\max} = Température maximale quotidienne

T_{\min} = Température minimale quotidienne

T_{base} = Température de base de l'organisme

Exemple

Température maximale : 28 °C

Température minimale : 15 °C

Culture : luzerne

Température de base de la luzerne : 5 °C

Calcul

Valeur de DJC quotidienne =
 $((28 + 15) \div 2) - 5 = 16,5$

Le nombre de DJC accumulés au cours de cette journée selon le modèle des DJC applicable à la luzerne est donc de 16,5.

En suivant les valeurs de DJC, les productrices et producteurs pourront récolter les cultures fourragères à leur stade idéal. Par exemple, il faut à la luzerne environ 390 DJC (température de base de 5 °C, début le 1^{er} mars) pour atteindre le stade précoce de la floraison.

Équipement

Faucheuses et faucheuses-conditionneuses

La hauteur de la coupe a une incidence sur le rendement et la qualité du fourrage, ainsi que sur la repousse et la persistance des cultures. Une coupe à faible hauteur risque d'entraîner le décapage du terrain et d'envoyer de la terre dans le fourrage, ce qui augmente la teneur en cendres

et peut contaminer le fourrage. La coupe est un agent stressant, et à une hauteur trop basse, elle peut éliminer les points végétatifs et les réserves d'énergie en surface nécessaires à la repousse. En règle générale, il ne faut pas couper le fourrage à moins de 5 à 7,5 cm (2–3 po) de hauteur. Toutefois, les cultures ne tolèrent pas toutes les mêmes hauteurs de coupe. Il est important de consulter les chapitres sur les cultures pour déterminer la bonne hauteur de coupe. Habituellement, les légumineuses peuvent être coupées à une hauteur plus basse que celle des graminées, et les cultures de saison fraîche peuvent être coupées à une hauteur plus basse que celle des cultures de saison chaude.

Le conditionnement permet d'accélérer le temps de séchage et de synchroniser le séchage des feuilles et des tiges. Les conditionneuses crèpent ou percent les tiges des plantes fourragères pour faciliter l'évacuation de l'eau. L'entretien et le réglage de la conditionneuse visent à obtenir le degré voulu de conditionnement du fourrage et à optimiser le séchage, tout en limitant l'égrenage et la perte de feuilles. Un conditionnement insuffisant accroît le risque de dommages par la pluie, tandis qu'un conditionnement excessif accroît les pertes lors des opérations de coupe, de râtelage et de mise en balles. Le climat humide de l'Ontario peut entraîner de fortes rosées et prolonger le temps de séchage. C'est pourquoi le conditionnement est si essentiel à la production de foin sec.

Il est conseillé de régler la faucheuse-conditionneuse conformément aux instructions du mode d'emploi. Sur les conditionneuses à rouleaux, il faut régler l'écartement et la pression des rouleaux. Sur les conditionneuses à rotor, qui conviennent aux graminées et non à la luzerne, il faut régler la vitesse du rotor et l'écartement entre le rotor et le carter.

L'écartement entre les rouleaux devrait être légèrement inférieur au diamètre des tiges de la luzerne, ce qui signifie d'ordinaire un réglage entre 1,5 et 2,5 mm ($\frac{1}{16}$ à $\frac{3}{32}$ po). Un écartement trop grand des rouleaux donne lieu à un conditionnement insuffisant. Des rouleaux qui se touchent s'usent prématurément et entraînent une perte de feuilles excessive. Lorsque la culture à faucher est dense, par exemple lors de la première coupe, il faut augmenter la pression des rouleaux (tension de ressort). Cependant, une pression trop élevée peut causer une perte de feuilles excessive. Les tiges de luzerne doivent être crêpées ou pliées tous les 7,5 à 10 cm (3–4 po) pour que leur humidité puisse baisser rapidement. Il faut qu'au moins 90 % des tiges soient cassées ou crêpées et que moins de 5 % des feuilles de légumineuse soient froissées ou noircies.

La largeur des andains est souvent limitée à la largeur de la conditionneuse sur la faucheuse. Les andains larges se flétrissent plus vite que les moins larges, mais si une productrice ou un producteur doit renoncer au conditionnement pour élargir les andains, cette mesure ne supprime-t-elle pas les avantages reliés aux andains larges? Selon des travaux de recherche menés par l'Université Cornell, le conditionnement ralentit le fanage des andains larges ayant des niveaux d'humidité d'ensilage préfané en perturbant l'écoulement capillaire et l'évapotranspiration de l'humidité des tiges aux stomates (pores) des feuilles.

Dans le cas d'andains étroits et denses, puisque les stomates se ferment, le conditionnement est un important mécanisme de séchage. En revanche, s'il s'agit d'andains larges dont les stomates restent ouverts grâce à la lumière du soleil, la recherche de Cornell indique qu'il est possible de sauter l'étape du conditionnement dans un système d'ensilage préfané.

Cette affirmation contredit les résultats d'une étude sur le terrain effectuée par Kevin Shinnors (ingénieur agricole, Université du Wisconsin), qui indiquent que l'étape du conditionnement est avantageuse, peu importe la largeur des andains. M. Shinnors conclut que l'étape du conditionnement pourrait être éliminée, à condition de doubler ou presque la largeur des andains (de 35 à 65 %). D'autres travaux de recherche sont en cours afin de faire la lumière sur ces conclusions contradictoires.

Au moment de faire du foin sec, le conditionnement est absolument essentiel lorsque les taux d'humidité tombent à moins de 60 ou 65 % (voir la section *Teneur en eau et courbe de séchage du foin* du présent chapitre). Le conditionnement des tiges est extrêmement important à des taux d'humidité faibles dans le cas du foin sec. Bien que les stratégies de préfanage de l'ensilage soient tout à fait différentes de celles utilisées lorsqu'il s'agit de faire du foin sec, les andains larges sont avantageux dans les deux cas.

Faneuses

S'il pleut abondamment sur du foin partiellement séché, on peut utiliser une faneuse ou un râteau rotatif pour aérer les andains compacts qui adhèrent aux chaumes. Le déplacement d'un andain sur une surface plus sèche ou son éparpillement sur les chaumes peut accélérer le séchage. Les faneuses conviennent davantage aux graminées qu'à la luzerne. Il faut éviter de les utiliser sur de la luzerne contenant moins de 50 % d'eau. Il faut également éviter de rouler avec le tracteur sur les andains pour ne pas provoquer la perte des feuilles.

Les faneuses peuvent aussi être utilisées pour secouer la rosée des cultures coupées très tôt le matin et accélérer le séchage au cours de la journée. Le fanage doit être terminé avant que le dessus de l'andain soit sec.

Râteaux et regroupeurs

Le râtelage sert à rétrécir l'andain pour la ramasseuse-presse et à ramener à la surface la matière humide située sous l'andain. Chaque râtelage entraîne une perte de feuilles, d'où l'importance de procéder de façon stratégique. Plus le foin est sec quand on le râtelé, plus la perte de feuilles est importante. Lorsque c'est possible, le râtelage du foin de luzerne quand sa teneur en humidité se situe entre 30 et 40 % est souvent un bon compromis entre la perte de feuilles, qui est alors légère, et un bon séchage. Un foin râtelé à 20 % d'humidité peut subir une perte de feuilles extrêmement élevée. Un foin presque sec risque de perdre moins de feuilles s'il est râtelé tôt le matin, quand il est encore couvert de rosée.

Certains types de râteaux sont très puissants et très efficaces pour aérer le foin, mais ils provoquent une perte de feuilles importante, en particulier si le foin est peu humide. En râtelant de façon uniforme, sans former de bottes, on évite les balles humides.

Les râteaux entraînés par des roues ne doivent pas être utilisés pour la production de balles ensilées. Comme ils ne sont pas conçus pour déplacer des cultures lourdes et humides, ils incorporent plus de terre dans l'andain que d'autres types de râteaux. La terre risque davantage de coller au fourrage humide et d'entraîner une contamination aux bactéries *Clostridium*. Les râteaux à roues sont conçus pour la production de foin sec à l'aide d'un séchoir en mouvement, donc pour les cultures légères. Le faible taux d'humidité réduit la rétention d'eau dans le sol.

Effets du passage des roues sur les cultures fourragères

Il faut circuler avec les machines dans les champs pour faire la récolte. Contrairement aux systèmes d'ensilage préfané, où le fourrage est entièrement enlevé un jour ou deux après la coupe, pour récolter le foin sec, il faut un plus grand nombre

de passages des machines, qui souvent doivent circuler cinq jours ou plus après la coupe. D'autres activités comme le râtelage, la mise en balles et le ramassage exigent l'intervention de tracteurs à chargement frontal et de remorques. En 2000, le professeur Dan Undersander (Université du Wisconsin) et d'autres personnes ont entamé des travaux de recherche dans plusieurs États américains en vue de mieux connaître les effets du passage des roues sur le rendement des cultures de luzerne.

Ces travaux ont démontré que les dommages dus au passage des roues peuvent causer d'importantes pertes de rendement et que certaines variétés de luzerne sont plus vulnérables que d'autres. Le fait de circuler avec les machines dans les parcelles peut réduire les rendements subséquents (deuxième et troisième coupes) de 25 à 30 % en moyenne dans les traces de roues. Les manœuvres habituelles de coupe, de râtelage, de mise en balles et de traction des remorques font qu'environ 25 à 30 % du champ se trouvent dans au moins une trace de roues, mais cette proportion peut atteindre 60 %.

Les baisses de rendement dues au passage des roues proviennent souvent des bris ou des dommages causés à la repousse des nouvelles tiges. Le compactage du sol joue un rôle beaucoup plus négligeable. La repousse commence en général cinq jours après la coupe. Plus le délai s'allonge après celle-ci, plus la repousse sera importante et plus il y aura de dommages. Cet effet sur des plants affaiblis peut aussi avoir une incidence l'année suivante.

Le professeur Steve Bowley, de l'Université de Guelph, a étudié l'effet du passage des roues sur certaines parcelles de variétés du Comité ontarien des cultures fourragères à la station de recherche d'Elora en 2003. Cette étude a montré une baisse du rendement attribuable au passage des roues dans les graminées de même que dans les légumineuses.

Il y a encore beaucoup à apprendre au sujet de l'effet du passage des roues sur les récoltes de foin sec et des pratiques de gestion qui permettraient de diminuer l'ampleur des dégâts. Voici donc quelques recommandations :

- récolter au plus tôt après la coupe;
- utiliser de plus petits tracteurs quand c'est possible – par exemple, ne pas râtelier avec le gros tracteur;
- éviter les passages non nécessaires dans les champs;
- ramasser les plus grosses balles au plus tôt après la mise en balles;
- procéder à l'épandage (s'il y a lieu) le plus tôt possible après la coupe pour limiter les dégâts liés au passage des roues;
- utiliser les variétés les plus tolérantes au passage des roues, selon les résultats des études.

Teneur en eau et courbe de séchage du foin

Le fait de prévoir avec exactitude la durée du fanage d'une culture fourragère au moment de la récolte permettra une meilleure conservation. La culture doit avoir une teneur en eau assez élevée pour être en mesure de bien fermenter ou assez basse pour être conservée sous forme de foin sec.

Trois types d'humidité doivent être pris en compte pour le fanage d'une culture fourragère : la teneur en eau de la tige, l'humidité de condensation et l'humidité de l'air. La teneur en eau de la tige correspond à la quantité d'eau dans le plant. L'humidité de condensation correspond à l'eau à l'extérieur du plant, qu'elle provienne de la pluie ou de la condensation (rosée). L'humidité de l'air influe sur le temps de séchage de la culture. Si l'air contient déjà une grande quantité d'eau, la culture prendra plus de temps à sécher, même si la température de l'air est élevée.

Une culture fourragère sur pied contient normalement entre 70 et 85 % d'humidité. Au cours de la première étape du séchage, les plants perdent de l'eau par les stomates ouverts de leurs feuilles (figure 14-1). Les cultures fourragères n'interrompent pas leur photosynthèse ni leur respiration cellulaire lorsqu'elles sont coupées. Ces processus se poursuivent jusqu'à ce que la teneur en eau du plant descende sous 60 %. Les stomates demeurent ouverts et permettent à la culture de sécher tant que les feuilles sont exposées à la lumière. C'est ainsi que se déroule le plus souvent le fanage des cultures à ensilage traditionnel ou préfané. Le foin à la base des andains prend plus de temps à sécher en partie parce que les stomates sont fermés dans le bas de la pile qui est privé de lumière. C'est l'une des raisons qui expliquent que les andains sèchent plus rapidement.

À la deuxième étape du séchage, les stomates sont fermés (teneur en eau inférieure à 60 %), et la culture perd de l'humidité à partir de la tige plutôt que de l'intérieur des feuilles. Cette étape est plus lente que la première. Le conditionnement de la culture peut accélérer la deuxième étape si l'on fissure les tiges pour laisser encore plus d'humidité s'échapper. La plus grande partie de l'humidité de condensation à l'extérieur des plants se perd au cours de la deuxième étape. Une partie du temps de séchage des cultures préfanées pour l'ensilage en balles s'écoule durant cette étape.

La troisième étape du processus de séchage est la plus lente, puisque l'eau résiduelle (moins de 30 %) est retenue très fermement dans les tiges. Il demeure toutefois très important que la teneur en eau du foin sec soit inférieure à 18 % pour les petites balles rectangulaires et inférieure à 14 % pour les grosses balles. L'effet de l'humidité de l'air est très important à cette étape du séchage, ce qui peut être problématique sous le climat ontarien. On peut donc avoir recours à des séchoirs à foin pour accélérer le processus et réduire le risque que la culture soit mouillée par la pluie.

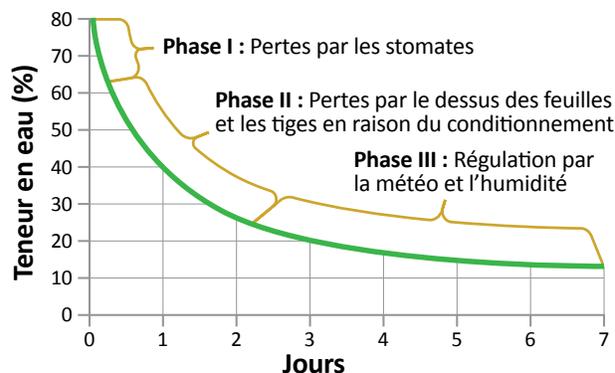


Figure 14-1. Courbe de séchage du foin.

Mesure de la teneur en eau

La seule façon de savoir si une culture est bien sèche est de mesurer sa teneur en eau. L'utilisation de cette donnée pour orienter la suite du processus de récolte permettra de protéger le rendement et la qualité au stockage. Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la teneur en eau d'un fourrage.

Il faut savoir que les échantillons ont une teneur en eau résiduelle qui n'est pas extraite quand ils sont séchés à l'aide d'un testeur Koster ou d'un four à micro-ondes, mais qui sera éliminée dans un four de laboratoire. La méthode la plus précise consiste à envoyer un échantillon par livraison express à un laboratoire d'analyse des fourrages pour qu'on le sèche au four. Les résultats peuvent être transmis par courriel immédiatement.

Selon le Miner Institute, les testeurs Koster et les fours à micro-ondes sous-évaluent d'environ 3 % la teneur en eau, de sorte qu'une teneur en eau de 68 % correspond en fait à une teneur d'environ 71 %. Si l'on utilise un testeur Koster ou un four à micro-ondes, il faut prendre le temps de bien faire sécher l'échantillon. Plus l'échantillon est haché finement, plus il séchera facilement et plus les résultats seront précis.

Méthode du four à micro-ondes

Le four à micro-ondes permet de sécher rapidement les échantillons de fourrage. Ses principaux avantages sont sa vitesse de séchage et son accessibilité. Par contre, il faut faire attention de ne pas brûler l'échantillon. L'utilisation d'un four à micro-ondes pour déterminer la teneur en eau a tout de même des inconvénients : on ne peut sécher qu'un seul échantillon à la fois, le processus prend du temps, et l'odeur est persistante.

Technique :

1. Peser le contenant et enregistrer le poids à vide, ou placer le contenant vide sur la balance et faire la tare.
2. Mettre 100 g (3,5 oz) (P1) de fourrage dans le contenant.
3. Étaler l'échantillon de fourrage pesé sur une assiette en papier ou le placer dans un sac en papier, puis mettre le tout dans un four à micro-ondes.
4. Placer un verre de 250 ml (1 tasse) rempli aux trois quarts d'eau dans le four à micro-ondes pour éviter de mettre le feu à l'échantillon ou d'endommager l'appareil.
5. Chauffer à 80 ou 90 % de la puissance maximale pendant 4 minutes.
6. Sortir l'échantillon, le mélanger et le peser.
7. Continuer de chauffer l'échantillon à intervalles de 2 minutes et le peser chaque fois. Pour éviter de brûler l'échantillon, lorsqu'il est presque sec, le chauffer à faible puissance à intervalles de 30 secondes. Si le poids de l'échantillon reste le même après deux ou trois intervalles de séchage, cela signifie qu'il est sec à 100 %. Il s'agit du poids sec final (P2). Un échantillon légèrement cuit ne devrait pas avoir d'incidence sur la mesure exacte de la teneur en eau, mais si l'échantillon est brûlé, il faut recommencer.
8. Calculer la teneur en eau comme suit :
Teneur en eau = $(P1 - P2) \div (P1) \times 100$

Exemple

$$P1 = 100 \text{ g}$$

$$P2 = 36 \text{ g}$$

$$\text{Teneur en eau} = (100 - 36) \div (100) \times 100 = 64 \%$$

Méthode du testeur Koster

Le testeur Koster est spécialement conçu pour sécher les céréales et les fourrages en vue d'en mesurer la teneur en eau. Son principal avantage est sa facilité d'utilisation; toutefois, sa vitesse de séchage peut créer un écart entre le résultat observé pour l'échantillon et le fanage d'une culture coupée dans le champ.

Technique :

1. Peser le panier de séchage du testeur et enregistrer le poids à vide, ou placer le panier vide sur la balance et faire la tare.
2. Mettre 100 g (3,5 oz) (P1) de fourrage dans le panier de séchage.
3. Placer le panier contenant l'échantillon de fourrage sur le dessus de l'appareil de chauffage et le laisser sécher pendant 30 minutes.
4. Peser l'échantillon et enregistrer le poids.
5. Sécher l'échantillon pendant 10 minutes supplémentaires. Peser l'échantillon et enregistrer le poids.
6. Répéter l'étape 5 jusqu'à ce que le poids varie de moins de 2 g (0,07 oz) à plusieurs reprises (P2).
7. Calculer la teneur en eau comme suit :
Teneur en eau = $(P1 - P2) \div (P1) \times 100$

Exemple

$$P1 = 100 \text{ g}$$

$$P2 = 36 \text{ g}$$

$$\text{Teneur en eau} = (100 - 36) \div (100) \times 100 = 64 \%$$

Testeurs électroniques

Les testeurs d'humidité électroniques déterminent le pourcentage d'humidité en mesurant la résistance électrique dans un échantillon de foin. Plus le foin est humide, plus il laisse passer de courant. Il existe deux modèles de base : les sondes installées sur la ramasseuse-presse et les sondes manuelles.

Les sondes installées sur la ramasseuse-presse permettent à l'opératrice ou l'opérateur de vérifier l'humidité à partir de son siège de tracteur. Sur les ramasseuses-presses à balles rectangulaires, les sondes peuvent être installées dans la chambre à foin, et dans le cas des ramasseuses-presses à grosses balles rondes, sur les parois latérales. Les sondes installées sur la ramasseuse-presse ont l'avantage de pouvoir fournir de nombreuses lectures en continu. Elles font habituellement partie intégrante du système d'application d'agents de conservation du foin. Les doses d'application peuvent ainsi être modifiées automatiquement ou manuellement en fonction du taux d'humidité. Les sondes et l'applicateur automatique sont des éléments standard sur pratiquement toutes les ramasseuses-presses à grosses balles rectangulaires, et il est possible d'en installer sur les ramasseuses-presses à grosses balles rondes et sur les ramasseuses-presses à petites balles rectangulaires.

Les sondes manuelles sont conçues pour mesurer le taux d'humidité d'une balle de foin. Divers facteurs font varier le degré de précision : la densité de la balle, le type de fourrage (graminée ou luzerne), le type d'humidité (teneur en eau de la tige ou humidité de condensation) et l'ajout ou non d'un acide. Les testeurs d'humidité électroniques doivent être bien entretenus et réglés en fonction des conditions météorologiques. Il faut se méfier des lectures numériques, car elles peuvent créer une illusion d'exactitude. Les testeurs d'humidité doivent venir s'ajouter à l'expérience personnelle.

Les sondes manuelles ne peuvent pas mesurer avec exactitude le taux d'humidité du fourrage dans un andain. Ron Thaemert, de l'Université de l'Idaho, a élaboré un outil d'échantillonnage d'andains qui permet aux productrices et producteurs de compacter un échantillon de foin coupé et d'utiliser une sonde pour en mesurer la teneur en eau (figure 14-2). Voici le matériel nécessaire à la fabrication d'un outil d'échantillonnage d'andains :

- un tuyau en ABS de 2 po de diamètre d'une longueur de 61 cm (2 pi);
- un tuyau en PVC de 1 ¼ po de diamètre d'une longueur de 91 cm (3 pi);
- deux bouchons de tuyau en PVC de 1 ¼ po;
- un raccord femelle en ABS de 2 po;
- un adaptateur de regard de nettoyage en ABS de 2 po;
- un bouchon de regard de nettoyage en ABS de 2 po;
- un adhésif à solvant.

À l'aide de l'adhésif à solvant, il faut fixer les bouchons au tuyau en PVC de 1 ¼ po. Cela constituera la bielle. Il faut ensuite coller l'adaptateur de regard de nettoyage à une extrémité du tuyau en ABS de 2 po et visser le bouchon de regard en ABS à l'adaptateur. Ce tube de prélèvement servira de chambre de compression.

Pour utiliser l'outil d'échantillonnage d'andains, il faut retourner une partie d'un andain. Au toucher, il faut choisir le foin le plus humide dans la zone de prélèvement et remplir le tube de prélèvement. Ensuite, on doit placer contre le sol l'extrémité du tube de prélèvement qui est fermée par le bouchon et insérer la bielle dans le tube de prélèvement pour compresser le foin. Enfin, il faut insérer la sonde à l'intérieur du tube de prélèvement pour mesurer la teneur en eau et enregistrer le résultat à des profondeurs de 10 cm (4 po), de 20 cm (8 po), de 30 cm (12 po) et de 40 cm (16 po). La plus élevée des valeurs obtenues sera utilisée comme taux d'humidité de l'échantillon.

La teneur en eau varie à l'intérieur et le long des andains ainsi que d'un endroit à l'autre du champ. Il est recommandé de recueillir au moins 20 échantillons d'andains par 180 tonnes (200 t. c.) de foin pour savoir à quel point la culture est sèche ou humide^[1].



Figure 14-2. Une sonde électronique de mesure de l'humidité des balles ne peut pas mesurer la teneur en eau du foin en vrac. L'utilisation d'un échantillonneur d'andains pour compacter l'échantillon de foin permet de mesurer rapidement le taux d'humidité avant la mise en balles.

Spectromètres à réflexion dans le proche infrarouge (RPI)

Les spectromètres à RPI dirigent une lumière infrarouge, invisible à l'œil humain, sur l'échantillon de foin et mesurent la quantité de lumière réfléctée. Le tracé de la lumière reflétée est comparé à un étalon pour le type de foin analysé, ce qui fournit une estimation de la teneur en eau de l'échantillon. Les spectromètres à RPI portatifs peuvent mesurer la teneur en eau très rapidement et facilement.

Récolte du foin

La rapidité du séchage est essentielle à la production de foin. Dans cette région du monde, les périodes sans pluie sont souvent très courtes; il faut donc prendre le risque d'attendre que le foin soit assez sec pour faire les balles avant la prochaine pluie, ou faire les balles avant qu'il soit assez sec et risquer d'obtenir un produit moisi et poussiéreux. Le conditionnement et le râtelage

doivent être effectués de façon à éviter une perte excessive de feuilles. Bien qu'ils ne puissent pas contrôler les conditions météorologiques, les productrices et producteurs peuvent prendre des décisions pour augmenter la probabilité de produire du foin sec de qualité.

On peut facilement régler la largeur des andains de manière à accélérer le séchage. Il suffit d'étaler la culture le plus largement possible et de ne pas couper le foin en andains étroits. Plus un andain est large, plus il sèche vite, puisqu'une plus grande partie du foin est exposée au soleil et au vent. Les rayons du soleil ne peuvent pas pénétrer très profondément dans les andains. Selon une étude de l'Université du Wisconsin, le temps de séchage des andains de 2,7 m (9 pi) de largeur produits par une faucheuse de 3,6 m (12 pi) est réduit de 35 % par rapport à celui des andains de 1,8 m (6 pi) de largeur. La vitesse du vent et l'humidité sont les facteurs météorologiques qui influencent le plus le temps de séchage.

Une hauteur de coupe élevée (de 7,5 à 10 cm ou 3–4 po) entraîne une perte de rendement, mais accélère le séchage en permettant à l'air de circuler sous l'andain. Si le sol est humide et qu'il est en contact avec l'andain, le foin absorbera l'humidité.

En coupant le foin le matin, après l'évaporation de la rosée, on maximise le nombre d'heures d'ensoleillement pour le séchage et limite les pertes dues à la respiration. Les études qui conseillent de couper le foin en fin de journée pour maximiser la teneur en sucres du foin sont pertinentes pour le climat sec de l'Ouest américain, mais ne s'appliquent généralement pas aux conditions humides de la région des Grands Lacs.

Les raisons d'utiliser un système à balles rondes ou rectangulaires varient d'une exploitation agricole à une autre (tableau 14-1). L'équipement de mise en balles et de manutention dont on dispose, les installations de stockage, la quantité de foin produite et la disponibilité des entrepreneuses et entrepreneurs en travaux agricoles locaux sont tous des facteurs à prendre en considération.

Avantages des balles rondes :

- Équipement de mise en balles et d'emballage plus facilement accessible et moins cher
- Possibilité de réduire le diamètre des balles pour qu'elles soient moins lourdes (balles à haute densité)

Avantages des grosses balles rectangulaires :

- Sécurité de manipulation accrue
- Densité maximale de stockage accrue (surface et coût de stockage réduits)

Tableau 14-1. Poids approximatif des balles

Type de balles	Taille	Poids approximatif (à l'utilisation) ¹
Petites balles rectangulaires	0,9 m × 0,38 m × 0,45 m (3 pi × 1,25 pi × 1,5 pi)	22–35 kg (50–75 lb)
Grosses balles rondes – faible densité	1,2 m × 1,5 m (4 pi × 5 pi)	180–275 kg (400–600 lb)
Grosses balles rondes – haute densité	1,2 m × 1,5 m (4 pi × 5 pi)	385–408 kg (850–900 lb)
Grosses balles rondes – haute densité	1,5 m × 1,8 m (5 pi × 6 pi)	690–910 kg (1 500–2 000 lb)
Grosses balles rectangulaires	0,9 m × 0,9 m × 2,1 m (3 pi × 3 pi × 7 pi)	164 kg/mètre linéaire) (110 lb/pied linéaire)

¹ Le poids d'une balle varie selon sa teneur en eau, sa densité et les espèces qui la composent.
 Source : Clarke et Stone, 2016.

MISE EN GARDE

Les agents de conservation du foin ne doivent pas être confondus avec les inoculants pour ensilage, car ces produits exercent un effet contraire. Les agents de conservation diminuent le pH du foin au point de limiter la croissance des moisissures et des autres micro-organismes, ce qui prévient la détérioration du foin. Les inoculants contiennent des bactéries vivantes qui font fermenter la culture fourragère dans un environnement sans air comme un silo, et ils n'empêchent pas le foin humide de se détériorer.



Agents de conservation

Les agents de conservation du foin sont des additifs qui contiennent un acide permettant de sécher le foin qui sera mis en balles à une teneur en eau un peu plus élevée que la teneur optimale. Le but de ces agents est de prévenir les moisissures et les pertes dans le foin dit « presque sec ».

Les moisissures peuvent grandement réduire la valeur du foin sec, surtout si la productrice ou le producteur vise les marchés du foin « de qualité » destiné aux chevaux ou aux vaches laitières. Les moisissures s'attaquent aux éléments nutritifs du foin et causent des pertes de matière sèche en plus de produire des toxines nuisibles à la santé des animaux. Le foin moisi et poussiéreux contient des spores qui peuvent provoquer des problèmes respiratoires, surtout chez les chevaux. Des moisissures qui se propagent dans le foin peuvent même être à l'origine d'incendies par combustion spontanée.

L'acide le plus souvent utilisé dans les agents de conservation du foin est l'acide propionique. L'acide propionique est un acide organique qui a un effet fongicide : il inhibe la croissance des micro-organismes aérobies qui peuvent provoquer l'échauffement et la moisissure. On utilise parfois d'autres acides organiques tels l'acide acétique et l'acide citrique, mais l'acide propionique est le plus efficace pour prévenir la moisissure. L'acide propionique empêche la croissance des moisissures pendant que les balles « transpirent » et sèchent par dissipation et évaporation et s'approchent d'un taux d'humidité sans danger.

Voici trois situations où il est le plus économique d'utiliser l'acide propionique pour sécher le foin :

- pour une utilisation stratégique visant à éviter les dommages que pourrait causer la pluie sur du foin « presque sec » quand le temps n'est pas trop favorable;
- pour les grosses balles à forte densité quand elles sont difficiles à sécher à des taux d'humidité assez bas pour éviter les moisissures;
- pour les entrepreneuses et entrepreneurs en travaux agricoles et les productrices et producteurs qui mettent en balles de grandes quantités de foin et qui peuvent transférer les coûts aux clients désireux d'avoir du foin sans moisissures ni poussière.

L'acide propionique est pulvérisé sur le foin au moment où il entre dans la ramasseuse-presse à l'aide d'un système intégré à la machine muni d'une pompe, de buses et d'un réservoir.

Il faut lire et suivre les instructions qui figurent sur l'étiquette. Pour être efficace, l'acide doit être appliqué en respectant la dose d'ingrédient actif prescrite en fonction de la teneur en eau du foin. Les produits diffèrent selon la concentration de l'ingrédient actif. L'utilisation d'un produit très dilué permet une meilleure couverture, mais exige qu'on applique une plus grande quantité d'eau sur un foin qu'on essaie de sécher.

Un taux d'application adéquat et uniforme est primordial. Des andains inégaux ou des champs comprenant des zones humides n'ont pas une teneur en eau uniforme. Il faut utiliser un testeur d'humidité pour déterminer la dose d'application en choisissant la mesure la plus élevée. Si la mesure moyenne est choisie, la quantité d'acide appliquée ne sera pas assez élevée pour prévenir la détérioration. La distribution doit être aussi uniforme que possible pour assurer une bonne couverture.

Quand l'acide n'est pas appliqué de façon adéquate, le foin peut chauffer, moisir ou se décolorer. Les balles qui sont empilées serrées dans un endroit confiné ne peuvent pas « transpirer » et sécher. Comme l'acide se dissipe en quatre à six mois, il est possible que le foin n'ait pas le temps de perdre assez d'humidité quand les conditions ne sont pas favorables. Les périodes prolongées d'humidité élevée augmentent le temps de fanage. Il ne faut pas conserver le foin sec traité avec le foin sec non traité, car le contact direct des balles fera migrer l'humidité dans le foin non traité.

À l'origine, les produits à base d'acide propionique n'étaient pas tamponnés; ils étaient donc très corrosifs, très volatils et difficiles à utiliser. Les produits présentement offerts sur le marché sont tamponnés avec de l'hydroxyde d'ammonium pour avoir un pH entre 5,8 et 6,0. Les produits tamponnés sont beaucoup moins volatils et corrosifs, et ainsi plus faciles à utiliser. D'autres ingrédients sont quelquefois utilisés, notamment des surfactants et des colorants verts. Les produits présentent différentes teneurs en acide propionique. Les décisions d'achat doivent donc être basées sur le prix par kilogramme d'ingrédient actif.

Le foin traité avec de l'acide propionique tamponné ou d'autres produits à base d'acides organiques peut être donné au bétail sans danger. L'acide propionique et l'acide acétique sont des acides organiques produits par les microbes du rumen (du cæcum et du côlon chez les chevaux) pendant la digestion. Certains propriétaires de chevaux ne

se sentent pas à l'aise de les nourrir avec du foin traité à l'acide et préfèrent ne pas en acheter. Au début, avant que l'acide propionique ne se dissipe, le foin peut dégager une odeur. Il est important d'informer la clientèle que l'on utilise de l'acide propionique.

Séchoirs

Un système de séchage du foin bien géré réduit la durée du fanage au champ et le risque de détérioration par la pluie, en plus de limiter la perte de feuilles et d'éliminer le danger d'incendie déclenché par la combustion spontanée. Compte tenu du climat humide de l'Ontario, un séchoir à foin est un outil précieux pour garantir la production de foin de haute qualité.

Les séchoirs à foin sont conçus pour sécher le foin à peu près sec ou légèrement humide, mais non le foin mouillé. On doit effectuer le fanage du foin au champ jusqu'à ce qu'il atteigne une teneur moyenne en eau de 25 % avant de le mettre en balles. Les balles de foin contenant beaucoup de graminées peuvent contenir un peu plus d'eau. Il faut mettre le foin en balles en utilisant la tension normale de la ramasseuse-presse et faire les ajustements nécessaires lorsque la teneur en eau est élevée. Il est important de se rappeler que le volume des balles diminue légèrement au cours du séchage.

Le coût en capital d'un système de séchage du foin varie en fonction du type et de la taille du système. Les coûts d'exploitation varient en fonction de la teneur en eau du foin et des conditions météorologiques pendant la période de séchage.

Récolte des balles d'ensilage

Lors de l'ensilage en balles, il est primordial d'empêcher rapidement toute entrée d'oxygène. Il faut confectionner des balles très compactes pour réduire les poches d'air dans la masse du fourrage. On obtient des balles compactes en réduisant la vitesse du tracteur et en ramassant

le foin directement dans les andains qui n'ont pas été râtelés. S'il est nécessaire de râtelier pour accélérer le séchage, on doit essayer de former un andain large. Il est préférable d'utiliser une ramasseuse-presse à balles à haute densité plutôt qu'à faible densité. Les presses à rouleaux et les presses à courroie peuvent être utilisées. La densité des balles doit être d'environ 192 kg/m³ (12 lb/pi³), ce qui représente un poids de 544 kg (1 200 lb) dans une balle ronde typique de 1,2 m × 1,2 m (4 pi × 4 pi) à 50 % d'humidité. On recommande de lier les balles avec de la ficelle en plastique, car la ficelle en sisal contient un agent de conservation à base d'huile qui dégrade le plastique de l'emballage.

Les balles doivent être transportées immédiatement au lieu de stockage. Si on les laisse trop longtemps dehors, elles commenceront à s'échauffer et à perdre de leur valeur nutritive. Le soleil peut évaporer l'humidité sur l'extérieur de la balle et rendre les tiges cassantes. À la longue, les balles, surtout celles qui sont très humides, se déforment et deviennent plus difficiles à emballer. Le stockage doit être terminé 6 heures après la mise en balles, ou au plus 12 heures après.

Avantages de l'ensilage en balles :

- Utilisation de l'équipement de fenaison existant
- Moins de pertes à la récolte que le foin sec
- Moins grande vulnérabilité aux intempéries que le foin sec
- Meilleure valeur nutritive (en raison de la récolte hâtive)

Inconvénients de l'ensilage en balles :

- Nécessité d'utiliser de l'équipement plus puissant pour manipuler les balles, qui sont plus lourdes
- Augmentation des coûts annuels
- Augmentation des risques de pertes liées au stockage

Les pertes de matière sèche dans le champ, attribuables surtout à l'égrenage et à la perte de feuilles riches en protéines, sont nettement réduites lorsque la culture est plus humide à la récolte. Par exemple, si l'on récolte des balles d'ensilage contenant 55 % d'eau plutôt que du foin sec contenant 18 % d'eau, on réduit environ de moitié les pertes au champ et au stockage (figure 14-3).

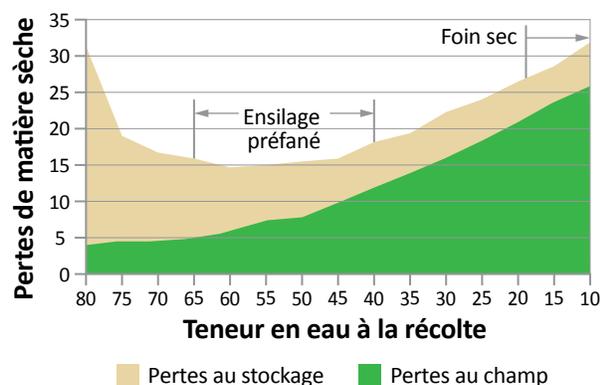


Figure 14-3. Pertes au champ et au stockage.

On ne doit utiliser que du fourrage de première qualité pour l'ensilage en balles. Une culture de mauvaise qualité, endommagée par la pluie ou parvenue à un état de maturité tel qu'elle ne renferme plus les sucres nécessaires à une bonne fermentation ne produira pas un fourrage de qualité et aura une durée de conservation réduite.

Il faut préfaner la culture jusqu'à un taux d'humidité de 50 à 60 %. À ce taux, la fermentation est facilitée par une teneur en sucres plus élevée que dans le fourrage plus humide, et les pertes par suintement sont réduites au minimum. Il est important de déterminer la quantité de fourrage à faucher en fonction des conditions de séchage et des activités de mise en balles et d'emballage. Si le taux d'humidité tombe bien en deçà de 40 %, il vaut mieux laisser sécher la récolte pour en faire du foin. Si la matière n'est pas assez humide, l'ensilage augmente les risques d'échauffement, à cause de la plus grande quantité d'oxygène qui se trouve emprisonnée; il s'ensuit une prolifération des moisissures et une diminution notable de la digestibilité des protéines.

Il importe d'utiliser la bonne machinerie pour la confection et le transport de balles à haute teneur en eau, donc plus lourdes. Il ne faut pas tenter de travailler avec de très grosses balles. Tandis qu'une balle de 1,2 m × 1,2 m (4 pi × 4 pi) (diamètre × longueur) à 55 % d'humidité pèse 544 kg (1 200 lb), une balle de 1,2 m × 1,5 m (4 pi × 5 pi) à 55 % d'humidité pèse 680 kg (1 500 lb).

Il est important de transporter les balles vers leur lieu de stockage et de les recouvrir de plastique le plus tôt possible après la mise en balles. Il importe peu que les balles soient enveloppées individuellement, placées dans des tubes ou empilées, pourvu qu'elles soient dans une enveloppe hermétique. Au cours du stade de respiration du processus d'ensilage, l'oxygène emprisonné est rapidement absorbé par les bactéries aérobies. Les bactéries anaérobies, qui survivent en l'absence d'oxygène, commencent à proliférer pendant le stade de fermentation et transforment les sucres des plants en acides organiques (essentiellement en acide lactique et en acide acétique).

La production d'acides fait passer le pH initial de l'ensilage de 7 à un pH final de 4 ou 5, alors que les balles ensilées ont normalement un pH de 4,5 à 5,5. La fermentation arrête lorsque l'accumulation des acides inhibe la prolifération des bactéries. Le fourrage reste ensuite à un pH stable, sans croissance bactérienne, et peut être conservé longtemps, à condition qu'il ne soit pas exposé à l'air.

En général, l'ajout d'additifs à l'ensilage pour favoriser la fermentation n'est pas nécessaire, mais peut être bénéfique si le fourrage est trop sec ou si le fanage a lieu par temps frais et sec.

Récolte de l'ensilage

Préfanage

De plus en plus, on dispose l'ensilage préfané en andains larges de façon à « ensiler en une journée » et à améliorer la qualité du fourrage. Cette méthode est contraire à la pratique la plus répandue qui consiste à utiliser une faucheuse-conditionneuse formant des andains étroits, lesquels sont ensuite préfanés pendant une journée ou deux, puis hachés. Pour faire de l'ensilage préfané en andains larges, il faut une certaine dose d'innovation en gestion et des changements importants en fait de machinerie, mais la recherche indique que cette méthode améliore nettement la qualité du fourrage.

Après la coupe, il est essentiel d'effectuer un préfanage rapide du foin de haute qualité afin de réduire les pertes de sucres par la respiration, particulièrement dans le cas de la première coupe, qui est très abondante. Le plant coupé continue de respirer jusqu'à ce que sa teneur en matière sèche atteigne 60 ou 65 %, c'est-à-dire lorsque toutes les cellules sont mortes. La respiration convertit les glucides emmagasinés (l'amidon et les sucres) en dioxyde de carbone, en chaleur et en humidité, ce qui cause une perte de matière sèche et fait augmenter le taux de fibres. Le fourrage ayant une teneur élevée en glucides solubles contient une plus grande quantité d'énergie digestible, mais peut aussi s'avérer plus propice à la fermentation pour les bactéries lactiques, ce qui produit une meilleure fermentation de l'ensilage préfané. Plus la période de préfanage au champ est longue, plus les pertes par la respiration (diminution des sucres) sont grandes et moins la qualité du fourrage est bonne.

Puisque les andains larges sèchent rapidement, il est tout indiqué de régler la faucheuse de façon à obtenir des andains aussi larges que possible. Une étude réalisée par Tom Kilcer, du service de formation continue de l'Université Cornell, indique que la largeur des andains (85 % de la largeur

de la barre de coupe) et l'ensoleillement (la coupe effectuée le matin) sont essentiels à un préfanage rapide et à l'obtention d'un ensilage préfané dont l'énergie digestible sera élevée et la fermentation, améliorée. Le foin fraîchement coupé ne sait pas encore qu'il est mort. Les glucides obtenus grâce à la photosynthèse dans un andain large exposé au soleil excèdent généralement les pertes par la respiration. Selon l'étude de l'Université Cornell, les andains larges peuvent améliorer grandement la qualité du fourrage, sa consistance et la production de lait par tonne courte d'ensilage préfané. En effet, le rendement en lait par tonne courte a augmenté de 136 kg (300 lb). En prime, la pratique d'ensiler en une journée réduit également les risques de dommages par la pluie.

La plupart des faucheuses-conditionneuses permettent de régler facilement la largeur des andains. Ron Schuler (ingénieur, formation continue, Université du Wisconsin) signale que la largeur maximale moyenne des andains du marché nord-américain équivaut à 61,4 % de la largeur de la barre de coupe, sur un intervalle de 28 à 87 %. Les largeurs de la machinerie autotractée sont généralement moins grandes. Il faut tenir compte du pourcentage de la largeur des andains au moment de l'achat d'une nouvelle faucheuse. Plus la faucheuse est large, mieux c'est.

Bien sûr, dans le cas des andains larges, on risque de devoir les déplacer et les rétrécir pour les hacher. Voilà un obstacle qui empêche bon nombre de productrices et producteurs de disposer leur ensilage préfané en andains larges. Certains utilisent des regroupeurs d'andains dotés d'un ramasseur et d'une courroie (semblables aux vire-andains, mais plus larges) plutôt que des râtaux afin de réduire les risques associés aux pierres, aux bactéries *Clostridium* et aux cendres. Il faut absolument éviter que des pierres passent dans la récolteuse-hacheuse. Si l'on décide de combiner deux andains ou plus en un seul à l'aide du regroupeur, on ajoute alors une opération supplémentaire au processus d'ensilage, mais la capacité et la vitesse de hachage en sont augmentées. En effet, le déplacement d'un andain « presque prêt » au moyen d'un regroupeur

améliore aussi la rapidité du préfanage. Le regroupeur d'andains est plus économique et plus rapide à faire fonctionner qu'une récolteuse.

La conduite de machinerie sur les andains larges soulève des inquiétudes. Selon l'étude de l'Université Cornell, la conduite d'un tracteur sur des andains coupés n'empêche pas vraiment le foin de sécher. Toutefois, il existe un risque de contamination du sol qui pourrait nuire à la fermentation, en particulier sur les terrains mouillés. Il faut régler la largeur entre les pneus du tracteur aussi grande que possible.

Avant d'acheter de l'équipement de préfanage avec mise en andains larges, il est important de prendre en considération la compatibilité de :

- la largeur des andains de la faucheuse (ou de la faucheuse-conditionneuse);
- la largeur du ramasseur du regroupeur d'andains;
- la largeur du ramasseur de l'ensileuse.

Les stomates sont généralement ouverts le jour et fermés la nuit (ou s'ils se trouvent sous un andain étroit). L'andain large bénéficie d'une exposition maximale à la lumière du soleil, ce qui permet de garder les stomates ouverts et d'optimiser l'exposition aux rayons solaires (chaleur et faible taux d'humidité). Contrairement à ce qu'indiquent certaines recherches menées dans l'Ouest des États-Unis, dans des conditions semblables à celles de l'Ontario où le taux d'humidité est élevé et les nuits sont chaudes, les pertes par la respiration durant la nuit sont supérieures à la quantité supplémentaire de sucres accumulée avant une coupe en fin de journée.

Hachage

La taille des particules de fourrage coupé a une incidence sur le tassage des cultures dans le silo, ce qui influence l'efficacité de la fermentation. Les grandes particules résistent mieux au tassage que les petites, et cette résistance augmente la quantité d'air qui reste dans le silo. L'air restant ralentit la fermentation, ce qui peut faire baisser le volume.

La taille des particules a aussi une incidence sur l'alimentation des animaux. Si la longueur est trop courte, le fourrage traversera le tube digestif des ruminants trop rapidement, ce qui pourrait causer des problèmes de santé comme l'acidose du rumen. Si le fourrage n'est pas haché assez finement, les particules grossières rempliront les animaux trop rapidement, et la quantité de matière sèche consommée diminuera. Si elles ont la taille idéale, les particules stimuleront la mastication et la production de salive, préviendront l'acidose du rumen et optimiseront la quantité de matière sèche consommée.

La longueur de coupe théorique doit être fixée à 10 mm ($\frac{3}{8}$ po) pour l'ensilage préfané de luzerne de façon à produire de 15 à 20 % de particules de fourrage d'une longueur supérieure à 37,5 mm (1 $\frac{1}{2}$ po). Cette courte longueur facilite le tassage et la vidange des silos-tours.

Séparateur de particules de l'Université Penn State

On peut utiliser un séparateur de particules de l'Université Penn State (PSPS) pour mesurer le facteur d'efficacité physique, ou encore la longueur des particules, du fourrage et des rations totales mélangés (figure 14-4). Contrairement à d'autres méthodes de laboratoire établies d'évaluation des fibres physiquement efficaces, le PSPS est un outil rapide et pratique qui peut être utilisé pour mesurer les fibres physiquement efficaces dans les rations d'une exploitation agricole.



Figure 14-4. Séparateur de particules de l'Université Penn State servant à mesurer la distribution des tailles des particules dans les rations des ruminants.

Le modèle 2013 du PSPS comprend trois tamis (trous de 19 mm, de 8 mm et de 4 mm) et un réceptacle. Le composant physiquement efficace d'une ration est la quantité de matières retenues par les trois tamis, exprimée sous forme de pourcentage de l'échantillon complet.

Technique :

1. Empiler les quatre boîtes du séparateur. Le tamis aux trous les plus gros (19 mm) doit être placé sur le dessus, suivi du tamis aux trous de taille moyenne (8 mm) et du tamis aux trous les plus petits (4 mm). La boîte sans trous doit se trouver au bas de la pile.
2. Placer environ 1,5 l (6 tasses) de fourrage ou de ration totale mélangée dans le tamis supérieur.
3. Secouer le tout sur une surface lisse : d'un mouvement rapide, faire glisser la pile de boîtes en l'éloignant de 17,5 cm (7 po) de soi, puis la ramener vers soi. Les boîtes doivent rester alignées verticalement. Pour de meilleurs résultats, viser une vitesse d'une secousse par seconde.
4. Secouer la pile de boîtes cinq fois. Tourner la pile d'un quart de tour (90°).

5. Répéter l'étape 4 sept fois, pour un total de 40 secousses, soit huit séries de 5 secousses.
6. Peser le contenu de chaque boîte et enregistrer les poids.
7. Additionner les poids du contenu de chaque boîte.
8. Pour calculer le pourcentage de contenu dans chaque boîte, diviser le poids du contenu d'une boîte (étape 6) par le poids total du contenu de l'échantillon (étape 7). Multiplier ce nombre par 100.

Pour calculer la teneur en fibres au détergent neutre (FDN) physiquement efficaces (FDNpe), on doit multiplier la proportion de l'aliment retenu par les trois tamis par la teneur en FDN de l'aliment ou de la ration. Il faut faire preuve de vigilance lorsque l'on tient compte de ce qui est retenu par le tamis inférieur (4 mm), car s'il a pour fonction de retenir les particules dont la teneur en fibres est élevée, il peut aussi retenir d'autres sous-produits et ingrédients des aliments. Si une grande quantité de grains et de suppléments est retenue par le tamis inférieur, ce qui est souvent le cas avec les rations de finition, on ne devrait pas en tenir compte lorsqu'on calcule la teneur en FDNpe.

Tableau 14-2. Recommandations de taille de particules pour les vaches laitières en lactation

Boîte	Taille des trous (mm)	Taille des particules (mm)	Ensilage de maïs (%)	Ensilage préfané (%)	Ration totale mélangée (%)
Tamis supérieur	19	>19	3–8	10–20	2–8
Tamis central	8	8–19	45–65	45–75	30–50
Tamis inférieur	4	4–8	20–30	30–40	10–20
Réceptacle du bas		<4	<10	<10	30–40

D'après Heinrichs et Jones, 2013.

Le rôle des fibres efficaces dans le maintien de la santé du rumen et leur influence sur la composition du lait sont bien connus dans l'industrie laitière, et les résultats du PSPS peuvent servir à régler la longueur de coupe des rations des vaches laitières (tableau 14-2). Des travaux de recherche sont en cours en vue d'étudier la possibilité d'utiliser le PSPS pour les rations de finition des bovins.

La page extension.psu.edu/penn-state-particle-separator fournit de plus amples renseignements sur l'utilisation du PSPS^[2].

Inoculants pour ensilage

Les inoculants pour ensilage sont des additifs contenant des bactéries qui agissent sur la fermentation. On peut les utiliser pour améliorer l'efficacité de la fermentation lors du stockage ou la stabilité aérobie une fois le silo ouvert, ou les deux.

MISE EN GARDE

Les inoculants pour ensilage ne doivent pas être confondus avec les agents de conservation du foin, car ces produits exercent un effet contraire. Les inoculants contiennent des bactéries vivantes désirables, tandis que les agents de conservation inhibent les microbes (y compris les bactéries) et empêchent la fermentation nécessaire à un ensilage adéquat du fourrage.



Il y a une interaction entre les cultures et les inoculants commerciaux; il est donc important de choisir l'inoculant qui convient à une culture donnée. Par exemple, il ne faut pas utiliser un inoculant destiné seulement à l'ensilage de maïs sur l'ensilage préfané de luzerne ou de graminées, ou vice-versa.

Il faut lire et suivre les instructions qui figurent sur l'étiquette, notamment en ce qui concerne les doses d'application, le stockage, la réhydratation, la manipulation et l'application. L'étiquette indique les doses recommandées d'unités formant colonie à appliquer par gramme de fourrage. Les inoculants doivent être conservés dans un endroit frais et sec pour maintenir la viabilité des bactéries. Les bactéries mortes (non viables) ne sont pas utiles.

Il faut s'assurer de bien régler l'applicateur. Habituellement, le mieux est d'appliquer l'inoculant à l'aide de la récolteuse-hacheuse, surtout lorsque le fourrage est sec. Il est plus avantageux d'utiliser un produit liquide plutôt qu'en granules, car l'application sera plus uniforme. Selon des études, les inoculants liquides sont plus efficaces que les inoculants secs sur un ensilage préfané à faible teneur en eau.

Il est important de se rappeler que l'application d'un inoculant pour ensilage ne compense pas les effets d'une mauvaise gestion de l'ensilage ou de conditions météorologiques défavorables. Une récolte au taux d'humidité et à la longueur appropriés, un tassage rapide et adéquat ainsi qu'une fermeture hermétique immédiatement après le remplissage du silo sont essentiels à la bonne fermentation de l'ensilage. De plus, lorsqu'ils sont bien gérés, les inoculants commerciaux peuvent s'avérer un outil précieux pour les systèmes d'ensilage.

Il peut parfois être difficile pour les agricultrices et agriculteurs de déterminer si les avantages d'utiliser un inoculant compensent le coût du produit. Ce n'est pas facile de remarquer une réduction des pertes de matière sèche ou une amélioration subtile du rendement des animaux. L'augmentation des gains ou de la production de lait est-elle attribuable à l'utilisation d'un inoculant ou à l'un des nombreux facteurs liés à la gestion de l'ensilage et du bétail? Une recherche universitaire menée par des spécialistes de l'ensilage conclut qu'il est vrai que des inoculants peuvent très bien fonctionner dans certaines situations. Il est maintenant pratique courante pour bien des éleveuses et éleveurs d'animaux laitiers, de bovins de boucherie et d'ovins d'utiliser des inoculants pour ensilage préfané.

Bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont appelées « homofermentaires » parce qu'elles ne donnent naissance qu'à un seul produit de fermentation : l'acide lactique. Les inoculants à base de bactéries lactiques sont utilisés pour améliorer l'efficacité

de la fermentation. L'acide lactique est un acide fort qui provoque la chute rapide du pH du fourrage, ce qui atténue les pertes de matière sèche. Les pertes de matière sèche dans un silo-couloir bien géré peuvent habituellement passer de 15 % à 12 ou 13 %, soit une réduction de 2 ou 3 points de pourcentage. Puisque l'acide lactique contient pratiquement autant d'énergie que les sucres originaux du fourrage, le rendement des animaux peut être amélioré par l'emploi d'un inoculant à base de bactéries lactiques, comparativement à un procédé sans inoculation.

Les bactéries lactiques les plus souvent employées dans les inoculants commerciaux sont *Lactiplantibacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, diverses espèces de *Pediococcus* et d'autres espèces de *Lentilactobacillus*. Ces espèces et certaines souches ont été sélectionnées pour leur croissance rapide et efficace et parce qu'elles produisent principalement de l'acide lactique. Il existe d'importantes différences génétiques entre les espèces et les souches de bactéries lactiques. Elles n'ont pas toutes la même efficacité, bien qu'il soit difficile d'en faire la comparaison. Il faut demander aux représentantes et représentants des fabricants de fournir des résultats de recherche qui étayent leurs allégations concernant leurs produits, puis déterminer si ces allégations présentent un intérêt pour l'exploitation agricole. Il faut également demander si les fabricants peuvent fournir une assurance de la qualité.

Si la population naturelle de bactéries lactiques est nombreuse, l'inoculant a moins de chances de contrôler la fermentation et d'être efficace. Une longue période de fanage (plus de deux ou trois jours), une faible teneur en eau de l'ensilage (moins de 60 %), des précipitations pendant le fanage et des températures de fanage élevées diminuent les chances de réussite d'un inoculant puisqu'elles augmentent la production naturelle de bactéries lactiques. Voici les conditions idéales pour tirer des avantages économiques d'un inoculant pour ensilage préfané :

- première coupe et coupe à l'automne (températures de fanage plus basses);
- coupes à séchage rapide l'été (moins d'un jour de fanage);
- teneur en eau élevée (de 65 à 70 %).

Lorsque le fourrage des andains est mouillé par la pluie, des bactéries indésirables du sol se retrouvent sur la culture. Il est parfois difficile d'éliminer ces bactéries avec un inoculant commercial, ce qui peut nuire à la fermentation. De plus, l'inoculation peut être compromise par le fait que les bactéries lactiques se nourrissent principalement de sucres et que la luzerne n'en contient que très peu. Les précipitations lessivent les sucres solubles, ce qui peut nuire davantage à la fermentation qu'à l'inoculation.

Lentilactobacillus buchneri **(anciennement *Lactobacillus buchneri*)**

Certaines espèces de *Lentilactobacillus* produisent de l'acide lactique et de l'acide acétique. Elles sont appelées « hétérofermentaires » parce qu'elles donnent naissance à plusieurs produits de fermentation. *Lentilactobacillus buchneri* est l'hétérofermentaire le plus souvent utilisé comme inoculant pour ensilage. L'acide acétique est bien plus efficace que l'acide lactique pour inhiber la croissance des levures et des moisissures ainsi que pour ralentir la production de chaleur une fois le silo ouvert. Ainsi, l'ensilage reste frais plus longtemps; c'est ce qu'on appelle la stabilité aérobie.

L'augmentation du taux d'acide acétique et de la stabilité aérobie (exposition à l'air) entraîne un accroissement des pertes de matière sèche dues à la fermentation. Cependant, les pertes causées par l'altération de l'ensilage de maïs due aux organismes aérobies sont habituellement beaucoup plus importantes que celles causées par la fermentation. Dans les cas où l'altération à la sortie pose problème, l'utilisation d'un inoculant à base de *Lentilactobacillus buchneri* pour l'ensilage de maïs peut entraîner la diminution des moisissures

et des mycotoxines, l'amélioration de la sapidité et de la prise alimentaire, et la réduction des pertes totales de matière sèche.

On doit envisager l'utilisation d'un inoculant à base de *Lentilactobacillus buchneri* dans les cas où la stabilité aérobie est fortement menacée. Bien que les inoculants à base de *Lentilactobacillus buchneri* puissent fonctionner d'une façon semblable avec les ensilages préfanés de luzerne et de graminées, la stabilité aérobie est plus problématique pour les ensilages contenant de grandes quantités d'amidon, comme pour les céréales et le maïs. Les ensilages de maïs à haute teneur en matière sèche de même que les silos-couloirs, les silos-meules et les silos-cuves ayant de grandes surfaces exposées posent généralement de plus gros problèmes de stabilité aérobie et peuvent bénéficier davantage des inoculants à base de *Lentilactobacillus buchneri*. Cela vaut aussi pour la partie supérieure des silos verticaux et horizontaux. Dans le cas des silos-tours, on utilise habituellement le bas du silo pour l'alimentation au cours des périodes chaudes de l'été, moment où il y a le plus de risques d'altération due aux organismes aérobies.

Les inoculants *Lentilactobacillus buchneri* peuvent aussi être avantageux dans les cas où l'ensilage de maïs doit être transféré d'un silo à un autre. On a démontré que ces inoculants augmentent la stabilité aérobie dans le maïs à haute teneur en eau. On peut également améliorer la stabilité aérobie à l'aide de bonnes méthodes de gestion de l'ensilage, y compris en ce qui concerne la teneur en eau et la longueur de coupe recommandées, la rapidité du remplissage et de l'emballage, le scellage, la partie à découvert, le taux de prélèvement et la sortie des aliments du silo.

Enzymes

Les inoculants contiennent parfois des additifs enzymatiques, tels que les cellulases, les hémicellulases et les amylases, qui contribuent à la décomposition de la cellulose, de l'hémicellulose et de l'amidon. En théorie, ces enzymes accélèrent la décomposition des fibres et de l'amidon et augmentent ainsi la quantité de substrats initiaux que les bactéries peuvent fermenter. Le bilan des recherches est mitigé. Dans les cas où la faible teneur en sucres des plants nuit à la fermentation, les enzymes pourraient être utiles. Le coût et l'efficacité des produits doivent être pris en compte.

Le remplissage des silos et le tassage sont expliqués au chapitre 15, *Stockage*.

Références

1. THAEMERT, R. *Sampling the Moisture Content of Alfalfa in the Windrow*, California Alfalfa Symposium, 2002. [alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2002/02-169.pdf].
2. HEINRICHS, J., et C.M. JONES. *Penn State Particle Separator*, Penn State Extension, 2013. [extension.psu.edu/penn-state-particle-separator].

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Faucher, conditionner et râtelier pour écourter le fanage, 9 février 2010. [www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/fasterdryinghay.htm].

« Prévenir le foin moisi à l'aide d'acide propionique », dans *Le bœuf virtuel du MAAARO* [En ligne], 9 février 2010. [www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/preventing.htm].

Silage Inoculants, 6 juin 2006. [www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/info_silageinoc.htm].

Récolte du maïs à ensilage à la bonne teneur en eau [fiche technique 13-052], 2013.

Incendies de silo ou de grange à foin sur votre ferme [fiche technique 93-027a], 1993.

Récolte et entreposage de grosses balles d'ensilage préfané [fiche technique 01-074], 2001.

Séchage du foin en grange, 2011.

« Les fibres efficaces ont-elles une fonction dans les rations des bovins des parcs d'engraissement? », dans *Le bœuf virtuel du MAAARO* [En ligne], avril 2019. [www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/beef/news/vbn0419a4.htm].

Les silos couloirs, 11 février 2016. [www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/dairy/facts/info_bunker.htm].

CHAPITRE 15

Stockage

Contrairement aux céréales et aux oléagineux, les cultures fourragères peuvent être stockées de plusieurs façons. Le séchage du foin jusqu'à l'obtention d'un taux d'humidité inférieur à 18 % limite la quantité d'eau disponible pour les micro-organismes nuisibles au fourrage, ce qui permet de préserver les cultures. L'ensilage se fait par la fermentation du fourrage; bon nombre des microbes qui pourraient détériorer les cultures ne peuvent survivre sans oxygène, et ceux qui le peuvent n'aiment pas les milieux acides (pH de 4,5 à 5,5). L'ensilage en balles est trop sec pour fermenter complètement, et la chute du pH n'est généralement pas aussi importante que pour les autres types d'ensilage. C'est pourquoi la principale méthode de conservation consiste à empêcher l'oxygène de pénétrer dans les balles. De bonnes pratiques de stockage permettent de maintenir le fourrage en bon état jusqu'à sa distribution.

Foin sec

Le stockage du foin à l'extérieur, où il est exposé aux éléments, peut entraîner d'importantes pertes dues à la détérioration (souvent jusqu'à 61 % de pertes). Bien que les précipitations soient habituellement la cause de la détérioration du foin, les balles absorbent également l'humidité du sol.

Le stockage du foin sous un toit diminue le risque de détérioration. Généralement, les pertes liées au stockage sous un toit varient entre 2 et 10 %. Même si cela exige une dépense en capital initiale, la construction d'un espace de stockage intérieur durable peut être l'un des meilleurs investissements d'une exploitation agricole. Lorsqu'on garde le foin à l'intérieur, il faut s'assurer qu'il est sec. Les planchers en béton « suintent » lorsque le contact de l'air chaud avec la fraîcheur du béton crée de la condensation, et cette humidité peut imprégner les balles de foin. Un plancher en gravier peut réduire le suintement du foin dans la partie inférieure comparativement à un plancher en ciment. Les palettes sont un bon moyen d'éviter que les balles touchent au plancher en ciment et que le foin absorbe l'humidité. Il faut placer le foin à au moins 60 cm (24 po) du toit pour favoriser la circulation de l'air. Si l'installation de stockage comporte des murs, il est recommandé de laisser au moins 50 cm (20 po) entre le mur et le foin. Cet espace empêche les balles d'absorber la condensation des murs et permet à l'air de circuler. En outre, il empêche le foin de venir s'appuyer contre les murs, lesquels ne sont généralement pas conçus pour supporter le poids des balles de foin. On peut laisser un espace plus grand pour pouvoir vérifier si le foin dégage de la chaleur.



Figure 15-1. Le foin emballé présente peu de signes de détérioration.

Si l'on ne dispose pas d'une installation de stockage, l'autre solution pour prévenir la détérioration serait d'emballer le foin sec (figure 15-1).

L'utilisation d'un emballage ou d'une enveloppe en plastique entraîne habituellement des pertes de matière sèche de 4 à 8 % pendant le stockage. Certains utilisent un ou deux emballages, tandis que d'autres peuvent en utiliser six, comme pour l'ensilage préfané.

Si le foin emballé est humide, l'extérieur des balles pourrait se détériorer. Même l'ajout d'emballages en plastique n'empêchera pas le foin humide de se détériorer.

On peut réduire le risque de détérioration en couvrant les balles d'une bâche. Le foin recouvert d'une bâche et conservé à même le sol subit des pertes de 4 à 46 %. Une base bien drainée réduit le risque d'accumulation d'eau dans la partie du bas – un site de stockage bien drainé entraîne habituellement des pertes de 2 à 17 %. Il n'est pas facile de garder les bâches en place à cause du vent l'hiver. Les bâches doivent être bien fixées de sorte que le vent ne les déchiquette pas. Certains attachent les bâches directement aux balles, alors que d'autres utilisent des pneus ou des sacs de sable pour maintenir les bâches en place. La distribution de balles à partir d'une pile recouverte d'une bâche peut prendre beaucoup de temps, car la bâche doit être roulée à mesure qu'on sort les balles.

Les balles rectangulaires doivent être couvertes pour éviter une détérioration grave; en revanche, les balles rondes ont la capacité de laisser la pluie s'écouler. Lors du stockage, les balles rondes ne doivent pas reposer sur leur côté plat, sinon elles ne pourront plus laisser l'eau s'écouler et auront une plus grande surface en contact avec le sol pouvant absorber l'humidité.

Si le stockage se fait à l'extérieur, les balles emballées avec du treillis à mailles ont tendance à être plus serrées et à être retenues plus fermement ensemble que les balles liées avec de la ficelle (figure 15-2). Par conséquent, les balles emballées avec du treillis à mailles laissent la pluie s'écouler plus efficacement et se détériorent moins. Des chercheuses et chercheurs de l'Université du Wisconsin ont mesuré les niveaux d'humidité dans la couche externe des balles de luzerne recouvertes d'un treillis à mailles et des balles liées avec de la ficelle. Ils ont constaté que les balles de luzerne recouvertes d'un treillis à mailles résistaient mieux à la pluie que les balles ficelées. La teneur en éléments nutritifs était beaucoup plus élevée dans la couche externe de la balle, et les pertes étaient plus faibles si l'on utilisait du treillis au lieu de la ficelle. En général, il n'y avait toutefois pas de différence dans le centre de la balle. La perte moyenne globale de matière sèche était respectivement de 11,3 % et de 7,3 % pour les balles liées avec de la ficelle en plastique et celles emballées avec du treillis à mailles. Il est important de souligner que, dans un cas comme dans l'autre, les balles qui ne sont pas stockées sur une surface bien drainée peuvent absorber de l'humidité dans la partie inférieure.



Figure 15-2. Les balles recouvertes d'un treillis à mailles résistent mieux à l'eau que les balles ficelées et conviennent mieux au stockage extérieur.

Un autre moyen de réduire le risque de détérioration consiste à laisser un espace entre chaque balle stockée (figure 15-3). Ainsi, la pluie ne s'accumulera pas entre les balles, et celles-ci ne se détérioreront pas autant.



Figure 15-3. L'espacement des balles gardées à l'extérieur empêche l'humidité de rester emprisonnée.

Lorsqu'on stocke du foin dehors, il est important d'avoir une base sèche sur laquelle placer les balles (tableau 15-1). Une base en gravier permet à la pluie de s'écouler au lieu de s'accumuler dans le bas des balles.

Tableau 15-1. Pertes de foin associées à diverses méthodes de stockage

Type de stockage	Perte de matière sèche (%)
Sous un toit	2–10
Pellicule de plastique – sur le sol	4–7
Enveloppe en plastique – sur le sol	4–8
Couvert – base surélevée ou en gravier	2–17
Couvert – sur le sol	4–46
Non couvert – base surélevée ou en gravier	3–46
Non couvert – sur le sol avec un emballage de treillis à mailles	6–25
Non couvert – sur le sol avec un emballage à ficelle	5–61

D'après Holmes, 2004.

Ensilage en balles

L'ensilage en balles n'atteint pas un degré de pH aussi bas que l'ensilage préfané haché et d'autres types d'ensilage. C'est pourquoi il faut accorder plus d'importance aux bonnes techniques d'ensilage, surtout en ce qui concerne l'élimination de l'oxygène (voir la section *Fermentation* plus loin). La durée du stockage et le temps pendant lequel les balles sont exposées à l'oxygène avant d'être consommées doivent être ajustés en fonction des conditions météorologiques. En général, pour réussir l'ensilage en balles, on doit :

- utiliser du fourrage de bonne qualité dont la teneur en eau se situe entre 40 et 60 % et confectionner des balles très denses et uniformes;
- éviter la contamination par l'épandage de fumier ou les bactéries du sol projetées sur le fourrage par la pluie éclaboussée ou le râtelage;
- emballer les balles rapidement en éliminant l'oxygène aussitôt que possible;
- s'assurer que les balles restent étanches;

- calculer les dimensions de la structure de stockage de façon à permettre une utilisation rapide et efficace de l'ensilage;
- utiliser du plastique de bonne qualité pour obtenir un milieu étanche.

Les conditions météorologiques sont la principale raison qui motive la décision d'essayer le système d'ensilage en balles. La qualité du matériau produit de même que la possibilité d'utiliser l'équipement existant et de planifier les opérations de récolte de façon à réduire les risques associés à la météo ont contribué à accroître la popularité du système. Ce dernier offre de la souplesse et la capacité de stocker le fourrage rapidement, au besoin.

Teneur en eau

La teneur en eau de l'ensilage en balles pendant le stockage est l'un des plus importants facteurs influant sur la qualité. On peut stocker l'ensilage en balles à des taux d'humidité de 40 à 60 %, mais à chaque limite de cette fourchette, le risque de détérioration au stockage augmente. Par conséquent, il faut organiser la récolte de façon que le matériau soit fané et que son humidité moyenne soit de 50 %.

Bien des productrices et producteurs préfèrent ensiler le fourrage en balles quand il est plutôt sec, à une teneur en eau pouvant être aussi basse que 30 %. Le taux exact d'humidité est parfois difficile à établir parce que cette opération est souvent plus qualitative qu'absolue dans une exploitation agricole. Le fourrage plus sec facilite la manutention des balles, surtout quand l'équipement de manutention est moins puissant. Le principal problème consiste à éliminer l'oxygène. Un ensilage en balles sec renferme plus d'oxygène qui devra être consommé au cours de la fermentation. Quand la teneur en eau avoisine les 40 %, il devient essentiel de confectionner des balles compactes avec une ramasseuse-presse à chambre variable. Il est difficile de faire des balles compactes avec du fourrage mûr parce que le matériau est grossier et ne se prête pas aussi bien au tassage; une méthode plus sûre consiste à laisser sécher la luzerne et les graminées plus végétatives pour

en abaisser les niveaux d'humidité. Si le matériau n'est pas bien tassé, la respiration sera prolongée et produira plus de chaleur. Les dommages causés par la chaleur risquent d'augmenter les pertes de matière sèche et de lier la protéine, ce qui diminuera la qualité fourragère.

Le fanage prolongé du fourrage augmente le risque de pertes à la récolte. Si les bulletins météorologiques annoncent de la pluie, il est préférable d'ensiler le fourrage en balles quand il est plutôt humide afin de réduire les pertes. Il faut de préférence stocker des balles ensilées qui n'ont pas été endommagées par la pluie. Des taux d'humidité de 45 à 55 % sont les plus favorables à une bonne conservation de l'ensilage en balles. L'humidité de l'ensilage devrait venir principalement des plants. L'humidité superficielle résultant de la rosée ou de la pluie n'est pas suffisante pour assurer la fermentation. Il est souvent difficile de bien conserver des balles ensilées confectionnées avec du fourrage initialement destiné à la production de foin, mais qui est resté sous la pluie ou qui était trop coriace pour être mis en balles sèches. L'ensilage en balles permet de sauver ce genre de fourrage, mais le produit risque de ne pas avoir la haute qualité espérée.

Les balles qui ont une teneur élevée en eau sont davantage portées à geler ou à produire du jus qui s'amasse dans le fond du sac. Des problèmes de gel ont été observés avec les grosses balles. La fréquence de tels problèmes risque d'augmenter lorsque le taux d'humidité dépasse 50 % et au cours des hivers très rigoureux.

Types de stockage

L'ensilage en balles peut être stocké dans des sacs, dans des tubes ou en piles. Quelle que soit la méthode, l'oxygène n'est pas suffisant pour qu'il y ait une respiration excessive. À condition d'empêcher l'oxygène d'entrer dans l'ensilage pendant toute sa durée de conservation, on peut obtenir un ensilage de bonne qualité avec l'une ou l'autre de ces méthodes.

En matière de systèmes de stockage, la tendance est à l'utilisation de feuilles étirables sur chacune des balles individuellement ou d'une enrubanneuse en ligne continue. Les tubes en polyéthylène sont encore utilisés, mais la plupart des agricultrices et agriculteurs utilisent des tubes en plastique étirable. Les systèmes qui réduisent au minimum la réintroduction d'oxygène dans l'ensilage en balles au moment où celui-ci est distribué aux animaux contribuent à diminuer le risque de détérioration.

Les principaux fournisseurs de pellicule de plastique garantissent le plastique jusqu'à un an. Les propriétés du plastique sont notamment l'inhibition des rayons ultraviolets, l'élasticité, la résistance aux déchirures et l'adhésivité. Le plastique bon marché est souvent de moins bonne qualité. La plupart des fabricants recommandent au moins quatre couches de plastique, et même six couches pour un stockage allant jusqu'à un an.

Balles individuelles

L'emballage des grosses balles sous pellicule de plastique étirable a fait ses preuves comme méthode de stockage. Cette pellicule est constituée essentiellement de polyéthylène basse densité auquel on a ajouté un adhésif qui le fait adhérer à lui-même.

L'emballage individuel des balles est généralement réalisé par une machine qui fait pivoter la balle sur un plateau tournant. L'agricultrice ou l'agriculteur commence par fixer l'extrémité de la pellicule de plastique sous la corde lieuse, procède à l'enrubannage, puis libère la balle en coupant la pellicule. Il existe des enrubanneuses qui permettent de manipuler des balles rondes ou rectangulaires de différentes tailles. Certaines machines permettent de manipuler les deux types de balles, mais elles coûtent plus cher.

L'idéal est que le plastique adhère le plus possible aux balles et que celles-ci soient solides et intactes (figure 15-4). Il est recommandé d'envelopper chaque balle d'au moins quatre couches de pellicule de plastique pour un stockage à court terme et d'au moins six couches pour un stockage jusqu'à la fin du printemps ou au début de l'été.



Figure 15-4. Balles rondes emballées individuellement.

Pour la manutention des balles enveloppées individuellement, l'idéal est d'avoir un chargeur muni d'un grappin (figure 15-5). L'utilisation d'une tige perforerait la pellicule et entraînerait la détérioration de l'ensilage s'il n'était pas servi immédiatement aux animaux ou si la pellicule n'était pas réparée à l'aide d'un ruban de bonne qualité. Si l'on empile des balles rondes enveloppées individuellement, il vaut mieux qu'elles soient placées sur deux rangs et qu'elles reposent sur leur côté plat, là où l'épaisseur de plastique est plus grande.



Figure 15-5. Un grappin diminue le risque de perforation de la pellicule de plastique.

Le plus gros avantage des systèmes d'emballage individuel des balles est la possibilité de diminuer les pertes dues à la détérioration. On évalue à 5 % les pertes de matière sèche dans le cas d'un ensilage en balles de qualité, qui est bien

enveloppé à une teneur en eau adéquate (60 %). Un trou dans la pellicule de plastique d'une balle bien enveloppée n'engendre qu'une moisissure et une détérioration localisées. En revanche, une moisissure considérable se développe lorsqu'une pellicule de plastique mal ajustée est trouée. Par rapport aux tubes pour balles multiples (en ligne ou en pile), les balles enveloppées individuellement offrent aussi l'avantage de se vendre plus facilement puisqu'elles sont moins difficiles à déplacer.

La dernière innovation majeure dans le domaine de l'emballage individuel des balles est une ramasseuse-presse combinée à une enrubanneuse : chaque balle est emballée à sa sortie de la ramasseuse-presse. Ce procédé optimise la qualité du fourrage en réduisant le temps d'exposition à l'air des balles avant l'emballage.

Au lieu d'utiliser une pellicule de plastique étirable, on peut insérer manuellement la balle dans un sac. Si l'on a un grand nombre de balles à ensacher, il vaut mieux être trois personnes pour le faire. Immédiatement après l'ensachage et périodiquement par la suite, il est important de s'assurer que les sacs sont exempts de trous. La réparation des sacs donne de bons résultats seulement si elle est faite rapidement. Les sacs viennent en différentes tailles et épaisseurs. Les plus légers sont en polyéthylène de 4 mils (1 mil = 1/1 000 po ou 0,0254 mm) et sont conçus pour durer un an, tandis que les sacs de 5 et de 5,5 mils peuvent souvent servir pendant deux saisons si l'agricultrice ou l'agriculteur prend soin de réparer les trous avant de les réutiliser.

Systemes en ligne

Les systèmes en ligne pour balles multiples ont été créés pour diminuer le coût, la main-d'œuvre et le temps nécessaires à l'emballage ou à l'ensachage individuel des balles. On estime que les systèmes en ligne utilisent jusqu'à 40 % moins de plastique que l'emballage individuel, ce qui en fait une solution plus économique. Il existe des systèmes en ligne pouvant servir à envelopper aussi bien les balles rondes que les balles rectangulaires.

En Ontario, l'enrubanneuse est le système en ligne le plus employé. Elle utilise la même pellicule de plastique étirable que celle servant à l'emballage individuel des balles (figure 15-6). Dans un système en ligne à pellicule de plastique étirable, chaque balle est placée sur le tambour de la machine pour ensuite être emballée à l'aide de la pellicule. Ce système présente un grand avantage par rapport aux tubes souples : la longueur de chaque ligne de balles peut être réglée en fonction des besoins en affouragement et de l'espace de stockage.



Figure 15-6. Enrubanneuse en ligne.

Les tubes souples sont une autre solution de stockage en ligne. Ils sont fermés aux extrémités pour empêcher l'air de s'infiltrer dans la ligne de balles. Certains modèles de tube peuvent emballer une balle à la fois (comme les enrubanneuses en ligne), tandis que d'autres nécessitent que les balles soient disposées en ligne avant d'être recouvertes par le tube. Il existe différentes machines de ce genre qui fonctionnent avec des sacs non ajustés ou des tubes ajustés (qui épousent la forme de l'ensilage). L'utilisation de tubes ajustés réduit le coût associé au plastique et le risque de détérioration importante.

Empilement des balles

On peut conserver les balles empilées en les recouvrant hermétiquement d'une double couche de polyéthylène de 6 mils. Cette méthode convient à la fois aux balles rondes et aux grosses balles rectangulaires. Comme l'illustre la figure 15-7, la couche extérieure garde la pile étanche, tandis que la couche intérieure la protège des tiges qui peuvent la perforer, surtout aux endroits où se trouvent de la ficelle ou des attaches. Du sable placé sur les rebords de la pellicule extérieure assure l'étanchéité de la pile; il faut fixer solidement la pellicule pour empêcher le plus possible le vent de la soulever.

Il ne faut pas utiliser de polyéthylène de construction, car celui-ci est composé en grande partie de plastique récupéré, ce qui en fait un produit de qualité inférieure dont l'épaisseur est variable. Par contre, les pellicules d'ensilage, bien qu'elles coûtent plus cher, sont faites de résines pures et possèdent des propriétés physiques supérieures (élasticité, résistance aux déchirures et à la fatigue). Les pellicules d'ensilage de qualité sont d'épaisseur uniforme.

La quantité d'air initialement enfermée sous le polyéthylène a peu d'importance, puisque le processus de respiration absorbe rapidement cet oxygène. Par contre, l'oxygène s'introduisant à la suite d'une perforation peut produire une détérioration considérable. Quelle que soit la méthode utilisée, il faut prendre les mesures nécessaires pour réduire au minimum les problèmes liés à la présence de rongeurs et vérifier régulièrement le polyéthylène.

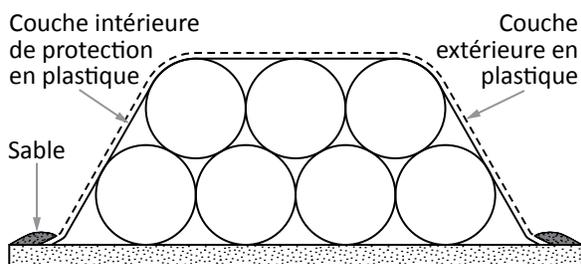


Figure 15-7. Pile de balles rondes d'ensilage (normalement de 3 à 5 balles de longueur).

Parfois, les agricultrices et agriculteurs insèrent du foin dans les espaces entre les balles, ainsi qu'entre les balles et le polyéthylène. Cette pratique a l'avantage de diminuer la circulation d'air si le polyéthylène est perforé.

La détérioration de l'ensilage commence sitôt la pile entamée. La vitesse de détérioration varie par la suite selon la température. Tôt ou tard, la moisissure apparaît à la surface des balles et pénètre graduellement à l'intérieur. Il faut planifier la dimension des piles de façon à ce que, une fois entamées, elles soient complètement utilisées en moins d'une semaine en été, en moins de deux semaines au printemps et à l'automne, et en moins de quatre semaines en hiver.

Si les piles sont petites (de 21 à 35 balles rondes ou de 20 à 40 balles rectangulaires), il est plus facile d'installer le polyéthylène et de faire face aux problèmes liés à l'accumulation de neige et de glace quand on utilise l'ensilage pendant l'hiver.

Les piles de balles rondes (figure 15-7) d'une hauteur de plus de deux balles ne sont pas recommandées, car ces balles lourdes ont tendance à s'affaisser et à devenir instables. Les balles qui se trouvent sur le dessus d'une pile haute risquent de se déplacer et de déchirer le polyéthylène.

La disposition illustrée à la figure 15-8 est la meilleure pour les piles de balles rectangulaires puisqu'elle permet de faire entrer un maximum d'ensilage sous la pellicule de plastique. En raison de leurs côtés plats, les balles rectangulaires ont moins tendance à se déplacer et à s'affaisser et risquent donc moins de briser la pellicule de plastique.

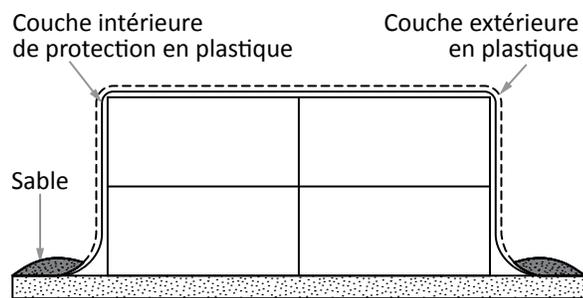


Figure 15-8. Pile de grosses balles rectangulaires d'ensilage (normalement de 5 à 10 balles de longueur).

Quel que soit le système utilisé, les perforations peuvent occasionner une détérioration considérable de l'ensilage, et si elles ne sont pas décelées, elles peuvent même provoquer la perte totale de la balle. On évite les dommages causés par les rongeurs en éliminant les herbes hautes autour du site de stockage. Il ne faut pas perdre de vue que même un trou de la grosseur de la tête d'une épingle laisse entrer suffisamment d'air pour détériorer l'ensilage.

Durée et lieu de stockage

Plus la durée de stockage est longue, plus le risque de détérioration de l'ensilage s'accroît. L'ensilage en balles qui est distribué aux animaux l'automne ou l'hiver ne pose généralement aucun problème. Les températures fraîches sont favorables à la bonne conservation, car elles limitent l'activité microbienne. Quand les températures commencent à s'élever à la fin de mars, les faibles concentrations de moisissures qui étaient dans l'ensilage peuvent poser problème. Si la fermentation n'est pas terminée, la détérioration sera plus importante.

Les agricultrices et agriculteurs ont constaté que l'ensilage d'automne confectionné à la fin de l'été ou au début de l'automne ne change pas de couleur et ne dégage aucune odeur rance. Cela indique que la fermentation ne s'est pas produite ou a été très courte. Les températures plus fraîches et la flore bactérienne moins nombreuse peuvent en être la cause. Il est possible que la fermentation redémarre quand les températures augmentent au printemps,

à condition que l'oxygène n'ait pas pénétré dans l'ensilage au cours de l'hiver. Il vaut mieux donner ce type d'ensilage dès l'automne et l'hiver pour éviter qu'il ne se détériore.

Le plastique attire les rongeurs et pratiquement n'importe quel autre animal capable de percer des trous dans le plastique. Le lieu de stockage doit autant que possible être exempt de végétation pour empêcher les rongeurs d'y trouver refuge. Il faut aussi empêcher les autres animaux d'y avoir accès.

Moisissures

Les agricultrices et agriculteurs qui choisissent de pratiquer l'ensilage en balles doivent s'attendre à la présence de moisissures. Même dans des circonstances idéales, un faible pourcentage de balles développeront de la moisissure blanche. En présence d'oxygène durant une période prolongée, la quasi-totalité d'une balle sera gravement atteinte de moisissure noire.

Une croissance secondaire de moisissures peut se produire lorsque les balles sont retirées des tubes. Si l'ensilage n'a pas fermenté convenablement ou s'il contient de grandes quantités de levures ou de moisissures, l'oxygène entrant dans les tubes détériorera rapidement l'ensilage. Les conséquences d'une décomposition de l'ensilage par l'oxygène sont importantes dans les systèmes d'ensilage en balles rondes faisant appel aux tubes parce que l'oxygène peut entrer dans le tube dès qu'il est ouvert. Une distribution lente au printemps et en été peut causer des problèmes. Après ouverture du tube ou de toute autre structure de stockage, les balles doivent être consommées en moins d'une semaine en été, en moins de deux semaines à l'automne et au début du printemps, et en moins de quatre semaines en hiver.

Le bétail consomme volontiers de l'ensilage moisi, sauf si les spores sont trop nombreuses et irritent les poumons. Les humains peuvent également être affectés par ces spores, qui peuvent se loger à l'intérieur des poumons. Les acides produits par la fermentation sont volatiles et peuvent donc

migrer de la balle si l'air y entre ou être lessivés par la migration de l'humidité. Cela laisse des zones où les moisissures peuvent s'établir.

Le développement d'une moisissure ou d'une levure blanche est très fréquent. Celle-ci produit de grosses spores qui n'irritent pas les tissus pulmonaires et ne causent pas de refus de s'alimenter chez les animaux. On peut aussi trouver d'autres moisissures, notamment *Aspergillus*, une moisissure gris-bleu qui peut aggraver les allergies ou provoquer des avortements chez les bovins, et *Fusarium*, une moisissure rouge ou rose qui peut produire du déoxynivalénol, de la T2 et d'autres toxines qui entraînent le refus de s'alimenter, des vomissements et des effets semblables à ceux de l'oestrogène chez le bétail. Les spores produites par les moisissures causent habituellement le plus de dommages. La moisissure blanche n'est pas un problème, mais on doit porter une attention particulière aux moisissures de couleur.

La température influence la rapidité à laquelle les moisissures se développent. Les espèces *Fusarium* se développent à des températures de 4,5 à 15,5 °C, et les espèces *Aspergillus* et *Penicillium*, à des températures de 18 à 35 °C. Un tel ensilage serait simplement chaud au toucher. Lorsque la température extérieure s'élève, la température du matériau s'élève dans ces fourchettes. Les acides produits par la fermentation inhibent la croissance des moisissures; c'est pourquoi la mise en place de bonnes pratiques de fermentation est si importante pour la production d'ensilage.

Il ne faut pas épandre de fumier sur le peuplement fourrager avant la récolte, car cela introduirait dans le fourrage des bactéries indésirables qui peuvent stimuler la croissance des moisissures. Le râtelage semble aggraver le problème. Toute pluie qui tombe pendant le fanage risque de projeter des bactéries du sol sur le fourrage et de créer des moisissures. La contamination par le fumier endommagera une partie de la balle, mais pas forcément sa totalité, à moins que d'autres problèmes existent.

Ensilage

Gaz d'ensilage

MISE EN GARDE

Le gaz d'ensilage peut être mortel. L'exposition au dioxyde d'azote (NO₂) peut occasionner chez les agricultrices et agriculteurs une détresse respiratoire grave et des dommages permanents aux poumons, et même une mort subite. Étant donné qu'il est difficile de prévoir la présence de gaz d'ensilage, la prudence est toujours de mise après la récolte.



Les conditions météorologiques et les pratiques agronomiques ont une incidence sur la teneur en nitrates des matières végétales, qui détermine la production de dioxyde d'azote dans le silo. Par exemple, lorsqu'une pluie abondante suit une période de sécheresse pendant la saison de croissance, la culture de maïs a tendance à absorber de grandes quantités de nitrates dissous. S'il est récolté avant la transformation des nitrates en protéines, l'ensilage de maïs dégage du dioxyde d'azote.

La production de gaz d'ensilage survient presque immédiatement après le remplissage d'un silo. Le risque est plus grand dans les 12 à 60 heures qui suivent le remplissage, puis diminue pendant quatre à six semaines jusqu'à ce que l'ensilage ait terminé sa fermentation. Le gaz d'ensilage est reconnaissable à son odeur d'agent de blanchiment. Il peut apparaître sous la forme d'un brouillard brun rougeâtre, mais il n'est pas toujours visible.

Comme le dioxyde d'azote est plus lourd que l'air, il a tendance à s'accumuler juste au-dessus de l'ensilage et sur le sol près du silo. Il peut aussi

pénétrer dans la chute du silo et se répandre dans la salle de préparation des aliments. Les silos-tours sont plus à risque parce que le gaz reste à la surface du maïs, et les travailleuses et travailleurs entrent souvent dans le silo après le remplissage pour étaler l'ensilage et régler la désileuse.

Inhalé, le dioxyde d'azote se combine à l'humidité du corps pour former de l'acide nitrique, ce qui cause des brûlures graves aux poumons et au reste de l'appareil respiratoire. S'ensuit alors un œdème pulmonaire, et les personnes touchées s'écroulent souvent. Les personnes qui tentent de leur porter secours peuvent elles aussi être terrassées. Quiconque est exposé au gaz d'ensilage doit consulter un médecin immédiatement.

Pour réduire le risque de blessure ou de mort par exposition au gaz d'ensilage :

- Placer un écriteau « Danger – Gaz mortel » à un endroit bien en vue près du silo.
- Ne pas permettre aux enfants ni aux visiteuses et visiteurs de s'approcher du silo pendant les trois premières semaines suivant le remplissage.
- Ventiler suffisamment la salle de préparation des aliments pour évacuer le gaz qui aurait pu s'y répandre à partir du silo.
- Demander au service d'incendie local s'il possède dans son matériel de secours un appareil respiratoire par pression à distance. Un appareil autonome de plongée (scaphandre autonome) ne convient pas, car le réservoir est parfois trop gros pour permettre de passer dans la chute du silo ou d'escalader la cage-échelle extérieure, ou trop petit pour contenir l'air nécessaire au sauvetage de quelqu'un.
- Pendant le remplissage, régler au besoin le distributeur pour étaler l'ensilage de façon uniforme. Ne pas niveler l'ensilage à la main.
- S'il faut entrer dans le silo quand le remplissage est terminé, le faire immédiatement après le dernier chargement, le jour même. Ne pas oublier de laisser la souffeuse en marche quand on est à l'intérieur du silo.

Les silos hermétiques sont un cas spécial, et on ne devrait jamais y entrer. S'il faut absolument y entrer, on doit être équipé d'un appareil raccordé à une source d'air externe et avoir prévu des mesures en cas d'urgence. Voir la publication I33, *Alerte : Dangers atmosphériques associés aux silos hermétiques dans les exploitations agricoles*, du ministère du Travail, de la Formation et du Développement des compétences pour connaître les précautions à prendre.

Une désileuse par le haut permet une bonne ventilation du silo. Par contre, s'il devient nécessaire de la réparer, on doit supposer qu'on est en présence de gaz d'ensilage. Pour évacuer les gaz avant d'entrer dans le silo, il faut fermer les portes de déchargement, ouvrir l'orifice de ventilation du toit et faire fonctionner la souffeuse. Si la hauteur libre entre l'ensilage et le toit est supérieure à 5 m (15 pi), on doit fixer un adaptateur au conduit de la souffeuse (figures 15-9 et 15-10). Dans un silo de 7,2 m (24 pi) de diamètre, où la hauteur libre est de 5 à 10 m (15 à 30 pi), il faut laisser fonctionner la souffeuse pendant 30 minutes. Dans les silos de plus grand diamètre ou dont la hauteur libre est plus grande, on doit accroître la durée de la ventilation. On doit laisser fonctionner la souffeuse tant que quelqu'un se trouve dans le silo.

Si quelqu'un perd connaissance à l'intérieur d'un silo, il faut immédiatement commencer à ventiler avec la souffeuse (comme expliqué ci-dessus) et appeler le service d'incendie local. Un apport d'air frais est crucial pour la victime et l'équipe de sauvetage. On ne doit jamais tenter d'effectuer soi-même un sauvetage. C'est une erreur qui a été commise à maintes reprises et qui, sans l'équipement de protection et la formation appropriés, n'a fait qu'alourdir le bilan des victimes.

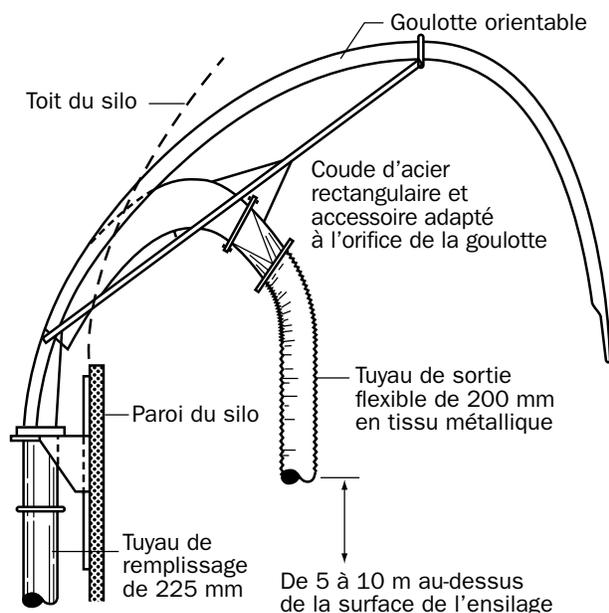


Figure 15-9. Adaptateur suggéré pour la ventilation dans le cas de silos à distributeurs rotatifs.

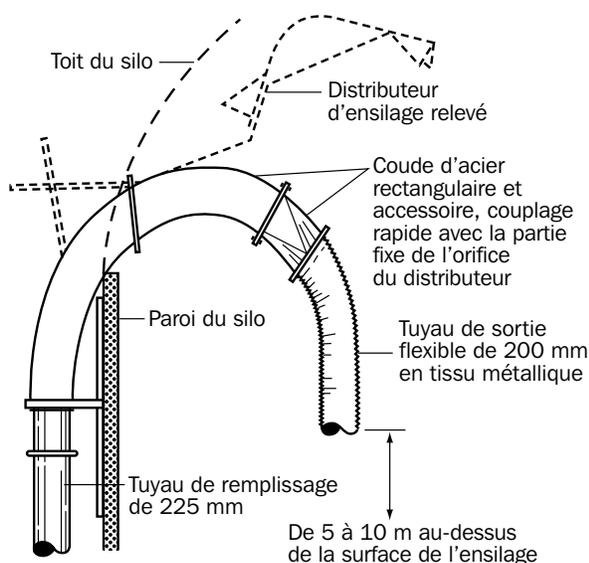


Figure 15-10. Adaptateur suggéré pour la ventilation dans le cas de silos à distributeurs à ailettes.

Pour en savoir plus sur la prévention des blessures et des décès dus au gaz d'ensilage, voir *Silo Safety* de Workplace Safety & Prevention Services : www.wsps.ca/resource-hub/material-handling/silo-safety.

Les agricultrices et agriculteurs qui ont des questions au sujet du gaz d'ensilage sont priés de communiquer avec Workplace Safety & Prevention Services (anciennement Ontario Farm Safety Association) au 1 877 494-9777^[1].

Fermentation

Lorsqu'on place le fourrage dans un silo, le milieu est aérobie (l'ensilage contient de l'oxygène). La respiration des plants et les bactéries aérobies convertissent les glucides en dioxyde de carbone, en eau et en chaleur, et consomment l'oxygène présent. Cette phase doit être aussi courte que possible.

L'ensilage devient alors anaérobie (sans oxygène). En se multipliant, les bactéries anaérobies transforment par fermentation les sucres en acides organiques (principalement en acide lactique et en acide acétique) et, entre autres, en dioxyde de carbone, en chaleur et en eau. Cette conversion biologique de plants frais en ensilage fermenté se traduit également par des pertes de matière sèche et d'énergie attribuables à la fermentation (tassement). Si la fermentation est rapide, efficace et caractérisée par la production d'acide lactique par les bactéries lactiques, ces pertes seront minimales. En deux à quatre semaines, le pH de l'ensilage se stabilise autour de 3,8 à 4,5, et toute activité bactérienne et enzymatique cesse. Une fois le pH stabilisé, il n'y a plus aucun risque de dégradation des éléments nutritifs ou de détérioration, de sorte que l'ensilage peut se conserver pendant de longues périodes à condition que l'air (plus précisément l'oxygène) n'y pénètre pas (figure 15-11).

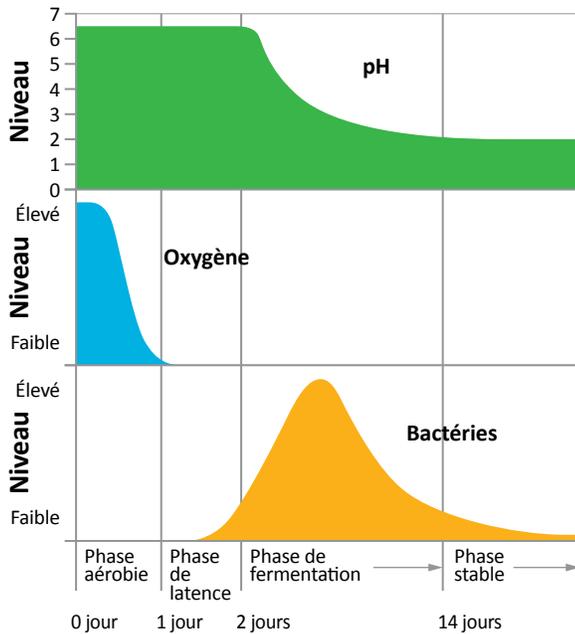


Figure 15-11. Processus de fermentation.

Une bonne gestion de l'ensilage vise à réduire au minimum les pertes de matière sèche et d'énergie attribuables à la fermentation, communément appelées « tassement ». Le tassement réduit le rendement et la qualité nutritionnelle. Les facteurs suivants nuisent à la fermentation ou la prolongent, ce qui entraîne des pertes plus importantes :

- remplissage lent;
- mauvais tassage;
- mauvaise couverture;
- mauvaise teneur en eau à la récolte;
- présence insuffisante d'inoculants appropriés.

Lorsqu'on met du fourrage trop humide dans un silo, du liquide peut s'échapper du fourrage. Les effluents de ce genre laissent s'échapper des sucres et d'autres éléments nutritifs. De plus, ils peuvent provoquer une corrosion excessive des parois du silo, et même son effondrement. Les effluents d'ensilage peuvent aussi tuer les poissons s'ils s'écoulent dans un cours d'eau.

L'espèce et la maturité du fourrage ont une incidence sur la fermentation de l'ensilage. Les graminées végétatives et les légumineuses à floraison hâtive contiennent suffisamment de sucres pour la fermentation par les bactéries. Les valeurs protéique et énergétique pour le bétail sont optimales à ce stade.

Les graminées sont plus faciles à faire fermenter que la luzerne et le trèfle rouge puisqu'elles contiennent plus de sucres que les légumineuses, soit près de deux fois plus. Les légumineuses mûres peuvent ne pas renfermer assez de sucres pour une bonne fermentation. Le fanage concentre les sucres dans le plant de sorte qu'une quantité minimale de sucres est présente pour mener à bien la fermentation.

Les fourrages frais et fermentés sont distribués différemment. Il est conseillé d'avoir assez de fourrage ensilé pour permettre à une nouvelle récolte de fermenter pendant au moins 2 semaines, bien qu'une fermentation de 6 à 12 semaines soit préférable. Cela permet au fourrage d'atteindre la phase stable de la fermentation avant d'être distribué.

Types de stockage

Le stockage et la manutention de la nourriture pour le bétail sous forme ensilée comportent plusieurs avantages. Toutefois, pour en tirer pleinement profit, les productrices et producteurs doivent choisir le type de structure de stockage (silo) qui convient le mieux à leur exploitation agricole. Il faut voir chaque aspect de la manutention du fourrage, du champ au silo, comme une partie intégrante d'un même système de manutention. Par conséquent, chaque composante (pièce d'équipement, structure de stockage, etc.) doit être choisie en tenant compte de l'ensemble de l'opération, de sorte que toutes les composantes s'agencent bien et fonctionnent efficacement ensemble. Aucune partie ne doit nuire au système.

Un silo est bien plus qu'une simple structure dans laquelle on conserve une récolte avant de la donner aux animaux. Sa principale fonction est de fournir un bon environnement pour l'ensilage de façon à limiter les pertes de fourrage et à offrir au bétail une grande quantité d'éléments nutritifs à même les champs. Essentiellement, l'air doit être éliminé de l'ensilage. De plus, la structure doit être conçue et située de façon à ce que le processus de stockage permette d'économiser de la main-d'œuvre et s'intègre à un système de manutention efficace.

Le type de silo le plus économique dépend de la quantité de fourrage dont a besoin l'exploitation agricole. Chaque type de silo a ses avantages, ses inconvénients et ses techniques de gestion (tableau 15-2).

Tableau 15-2. Estimation des pertes d'ensilage durant le remplissage, le stockage et la distribution

Type de stockage	Teneur en eau (%)	Remplissage	Effluent	Gaz	Dessus	Distribution	Total
		Perte de matière sèche (%)					
Silo-tour traditionnel	80 ¹	1-2	7*	9*	3*	1-5	21-26
	70 ¹	1-2	1*	8*	4*	1-5	15-20
	65	1-3	0*	8*	3*	1-5	13-19
	60	1-3	0*	6*	3*	1-5	11-17
	50	2-4	0*	5*	3*	1-5	11-17
Silo-tour hermétique	70 ¹	0-1	1*	7*	0*	0-3	8-12
	60	1-2	0*	5*	0*	0-3	6-11
	50	2-3	0*	4*	0*	0-3	6-12
	40	2-4	0*	4*	0*	0-3	6-13
Silo-couloir non recouvert ²	80 ¹	2-5	6*	10*	6*	3-10 ²	27-37
	70 ¹	2-5	1*	9*	9*	3-10 ²	24-34
	60	3-6	0*	10*	12	5-15 ²	30-43
Silo-couloir recouvert ²	80 ¹	2-5	4*	9*	2*	3-10 ²	20-30
	70 ¹	2-5	1*	7*	3*	3-10 ²	16-23
	60	3-6	0*	6	4	5-15 ²	18-31
Sacs	80 ¹	1-2	2	6	2	1-5	12-17
	60-70 ¹	1-2	0	5	2	1-5	9-14
Ensilage en balles	60-70 ¹	1-2	0	8	5	1-5	15-20
	50-60 ¹	2-3	0	6	6	1-5	15-20

¹ Pour prévenir la fermentation clostridiale, éviter d'ensiler le foin dans des structures si sa teneur en eau est supérieure à 70 % et dans des balles emballées si sa teneur en eau est supérieure à 60 %.

² Pour peu que la gestion de la partie à découvert soit bonne, les pertes à la distribution sont de 3 à 5 % si le plancher est en béton, de 4 à 8 % s'il est en asphalte et de 8 à 20 % s'il est en terre battue. Si la gestion laisse à désirer, ajouter jusqu'à 7 % de perte.

*D'après *Forages: The Science of Grassland Agriculture*, 4^e éd. Voir Bickert et autres, 1997.
Adapté de Holmes, 2000^[2].

La comparaison des types de stockage doit tenir compte non seulement du coût en capital initial, mais également des coûts d'exploitation annuels du système d'alimentation.

Toute comparaison du coût en capital doit être fondée sur une capacité de stockage équivalente. Malheureusement, il n'existe aucune norme uniformément acceptée pour évaluer la capacité. L'une des mesures souvent employées est la surface de stockage utilisable. Toutefois, elle ne prend pas en compte l'effet de compactage sur l'ensilage créé par la hauteur, ce qui présente un inconvénient majeur, notamment pour les hauts silos-tours de grand diamètre. Une autre mesure utilisée est le nombre de tonnes d'ensilage que peut contenir un silo. Évidemment, il peut y avoir des écarts importants selon la teneur en eau, la taille de la coupe, les espèces cultivées, la méthode de distribution et de tassage, le nombre de fois que le silo est rempli, etc.

L'évaluation de la capacité d'un silo pour l'ensilage plante entière en tenant compte de la capacité de stockage de la matière sèche a permis d'éliminer certains de ces facteurs de variation, notamment la teneur en eau. Dans une certaine mesure, on a observé que les silos d'une taille particulière peuvent contenir une quantité assez constante de matière sèche, peu importe la teneur en eau. Puisque la mise au point des rations est basée sur la matière sèche, cette méthode d'évaluation de la capacité des silos est à la fois pratique et appropriée.

Le coût fixe de possession d'une structure de stockage doit inclure l'amortissement, les intérêts, les réparations, les taxes et l'assurance. Les coûts variables ou d'exploitation doivent quant à eux comprendre le coût de la main-d'œuvre et du fonctionnement de l'équipement.

Le type de structure de stockage qui convient le mieux à une exploitation agricole donnée varie selon le type de bétail, le programme d'alimentation, la taille de l'exploitation et les types de fourrage.

Le choix d'un type de silo dépend également de la quantité de neige et de glace prévue pendant l'hiver. Plus la structure de stockage est à découvert, plus les intempéries auront une incidence sur l'efficacité du système de manutention de l'ensilage. Autrement dit, les agricultrices et agriculteurs doivent choisir un silo et un système d'alimentation adaptés aux conditions hivernales habituelles de l'endroit où ils vivent.

Silos-tours

Par le passé, les silos verticaux ou silos-tours étaient construits avec différents matériaux. De nos jours, ils sont pratiquement tous faits de béton ou d'acier. Les silos-tours se divisent en deux catégories : les silos à toit ouvert (ouverts à l'air libre dans la partie supérieure) et les silos hermétiques (étanches pour contrôler l'air intérieur).

Silos à toit ouvert

La plupart des silos à toit ouvert modernes sont faits de béton coulé sur place ou de douves de béton préfabriquées. Essentiellement, tous les silos à toit ouvert sont munis d'un système de désilage par le haut.

Silos hermétiques

La plupart des silos hermétiques sont en acier ou en béton. Parmi les modèles en acier, le plus populaire est celui qui est fabriqué avec des panneaux d'acier vitrifié. Il existe aussi des structures en acier galvanisé dotées d'un revêtement intérieur qui protège l'acier des effets corrosifs des acides contenus dans l'ensilage. Les silos hermétiques peuvent aussi être en béton. Avant le début des années 1980, ils étaient faits de béton coulé sur place. Depuis, plusieurs entreprises ont commencé à commercialiser des silos hermétiques en douves de béton préfabriquées avec un revêtement intérieur.

Presque tous les silos hermétiques sont munis d'un système de désilage par le bas; un fabricant de silos propose même une désileuse par le haut combinée à un distributeur par le bas.

Les pertes de matière sèche dans un silo-tour bien géré sont faibles, variant entre 5 et 10 %. Les silos-tours ne nécessitent aucune opération de tassage ou de recouvrement, de sorte qu'ils exigent moins de main-d'œuvre au moment du remplissage. Avec les silos-tours, l'ajout d'additifs est simple, et la vidange est possible dans toutes les conditions météorologiques. De plus, ces silos occupent moins d'espace. Tout bien considéré, les silos-tours semblent convenir aux exploitations agricoles qui utilisent annuellement un maximum de 150 tonnes (165 t. c.) de matière sèche d'un type de fourrage. Au-delà de cette quantité, les inconvénients l'emportent rapidement sur les avantages.

Parmi les inconvénients des silos-tours, il y a les risques pour la sécurité inhérents au gaz d'ensilage et à la hauteur des structures, les ralentissements de la production causés par la lenteur du remplissage et la nécessité de remplir les silos à nouveau, ainsi que l'incompatibilité entre la lenteur du déchargement et la préparation des rations totales mélangées.

Les silos-tours de plus de 21,3 m (70 pi) limitent la teneur en eau du fourrage en réserve. Le lessivage excessif oblige les propriétaires de silos de 24,4 à 30,5 m (80 à 100 pi) à récolter le maïs à ensilage à une teneur en matière sèche inférieure à la teneur souhaitable de 35 %, ce qui compromet la qualité fourragère. Le maïs à ensilage ayant une faible teneur en eau renferme moins d'amidon et offre une moins grande digestibilité des fibres. La digestibilité des fibres diminue de plus de 10 % lorsque la teneur en eau passe de 70 à 58 %. Les grains trop secs durcissent et peuvent transiter par l'appareil digestif de la vache sans être digérés. Il faut les transformer ou les hacher plus finement pour atténuer quelque peu ce problème.

L'utilisation d'un distributeur assure un bon tassage le long des parois du silo-tour, ce qui aide à limiter l'infiltration d'air dans l'ensilage à travers les parois et par les portes. Il faut remplir le silo très rapidement pour obtenir un bon tassage. On réduit ainsi la présence et le déplacement d'air

dans l'ensilage. On peut utiliser des couvertures temporaires si le remplissage est interrompu pendant de longues périodes, mais il faut faire attention au gaz d'ensilage.

Silos-couloirs

MISE EN GARDE

Dans un silo-couloir, la face de coupe peut être dangereuse si une grande quantité de fourrage s'en détache telle une avalanche. Il faut éviter de travailler près de cette face à une distance inférieure au double de sa hauteur. Il ne faut pas enlever le fourrage de façon à en laisser en surplomb au sommet de la face.



Les silos-couloirs permettent de manipuler de grandes quantités de fourrage de façon efficace. La hauteur et la largeur des silos doivent être soigneusement calculées pour permettre le retrait d'au moins 15 cm (6 po) d'ensilage par jour. Des tranches épaisses faciliteront la gestion du silo pendant l'été.

Les pertes de matière sèche dans un silo-couloir bien géré sont habituellement de 10 à 15 %. Selon des études sur le compactage, un silo-couloir doit avoir une hauteur minimale de 1,80 à 2,40 m (6 à 8 pi) pour permettre un niveau de compactage approprié, de même qu'une largeur inférieure ou égale à cinq fois la hauteur de façon à maximiser le volume et à réduire l'exposition à l'air de la face du silo.

Les dimensions à donner à un silo-couloir dépendent non seulement de la quantité de fourrage à stocker et du débit de distribution prévu, mais aussi des objectifs de gestion et de la taille de l'exploitation. La longueur recommandée pour faciliter les opérations de tassage est de 45,7 m (150 pi) ou moins, et puisque

deux silos-couloirs vidés en alternance au cours d'années successives donnent de meilleurs résultats, deux silos-couloirs de 27,4 m (90 pi) chacun, installés côte à côte, permettent de respecter le taux de retrait de 15 cm (6 po) par jour toute l'année. Parfois, les productrices et producteurs se demandent s'il est pertinent d'ouvrir les deux extrémités d'un silo-couloir, mais comme le plancher doit avoir une pente qui s'éloigne de l'ouverture, il ne serait pas pratique de travailler à partir des deux extrémités.

La largeur minimale recommandée correspond à deux fois la largeur du tracteur de tassage ou à environ 5,5 à 6,1 m (18 à 20 pi). On peut envisager des silos-tours plus larges si l'on doit se doter d'une plus grande capacité, mais puisqu'il faut donner une pente de 1:4 à la surface pour faciliter l'évacuation de l'eau de pluie, la hauteur de l'ensilage au centre du silo risque d'être très grande. Les silos-couloirs de grande largeur obligent aussi à faire des pas supplémentaires pour placer la toile de plastique et les pneus.

Les parois latérales doivent avoir une hauteur de 2,4 à 3,1 m (8 à 10 pi). La plupart des chargeurs peuvent atteindre 4,3 m (14 pi). Cela correspond à la hauteur de l'ensilage au centre d'un silo-couloir de 9 m (30 pi) de largeur lorsque le dôme forme une pente de 1:4 et que les parois latérales font 3,1 m (10 pi) de hauteur. Dans le cas des silos-couloirs de plus grandes dimensions, il faut savoir que des murs plus hauts coûtent plus cher par tonne de fourrage qu'une surface de plancher accrue.

Les murs d'un silo-couloir sont plus sécuritaires pour le tassage que les silos-meules. Les parois latérales permettent de réduire la taille de la face et la main-d'œuvre nécessaire au tassage et au recouvrement du silo. Au lieu d'aménager des parois simples entre les silos-couloirs, il est plus fréquent d'installer des parois doubles espacées de 1,2 à 1,5 m (4-5 pi). Avec le contreventement transversal qui augmente la solidité de la structure, il faut moins de béton et d'acier dans chacune des parois, dont le coût total n'est que légèrement

supérieur au coût d'un mur simple de conception convenable. L'espace entre les parois est drainé vers l'arrière du silo au moyen de tuyaux souterrains et rempli de gravier jusqu'à 0,6 à 0,9 m (2-3 pi) du haut des parois. Quand le silo est plein et que la masse d'ensilage forme un dôme, cet espace procure un passage sécuritaire aux travailleuses et travailleurs qui posent la toile de plastique en plus de faciliter l'écoulement de l'eau de pluie hors du silo. Une fois la toile de plastique enlevée, l'espace entre les parois permet de remiser des pneus. Des marches aménagées dans la partie avant du mur double rendent l'endroit plus accessible.

Le plancher d'un silo-couloir doit avoir une pente de 1 % qui descend vers l'ouverture pour un drainage efficace. L'asphalte est de plus en plus accepté comme matériau de revêtement du plancher des silos-couloirs. Il résiste mieux aux acides et au gel que le béton. Il faut faire reposer l'asphalte sur une base bien compactée et poser une membrane géotextile sous la base pour en accroître la stabilité. Il faut aménager une bordure en béton sur le périmètre du radier pour prévenir les dommages occasionnés par le va-et-vient de la machinerie à l'entrée de la dalle. Par grandes chaleurs, les opératrices et opérateurs de tracteur doivent éviter que les roues patinent, car l'asphalte ramollit sous des chaleurs extrêmes.

Voici comment estimer la quantité d'ensilage dans un silo-couloir :

Longueur (m) × largeur (m) × hauteur de l'ensilage (m) × densité (kg/m³ à l'état humide)
= kg d'ensilage en silo

Longueur (pi) × largeur (pi) × hauteur de l'ensilage (pi) × densité (lb/pi³ à l'état humide)
= lb d'ensilage en silo

Le ministère de l'Agriculture, des Forêts et du Développement économique rural de l'Alberta propose un outil en ligne pour calculer la quantité d'ensilage dans un silo-couloir : www.agric.gov.ab.ca/app19/calc/volume/silageweight.jsp.

Remplissage et tassage

La densité cible du fourrage dans un silo-couloir est de 224 à 240 kg de matière sèche/m³ (14-15 lb/pi³). La teneur en eau ne doit pas être inférieure à 60 % ni supérieure à 72 % pour permettre une fermentation et un compactage adéquats. Le remplissage doit se faire le plus rapidement possible pour maintenir la qualité et la stabilité de l'ensilage lors de la distribution.

Les données recueillies en Ontario sur la densité du maïs à ensilage dans les silos-couloirs indiquent une moyenne de 211 kg de matière sèche/m³ (13,16 lb/pi³), ce qui est au-dessous de la cible de 224 à 240 kg/m³ (14-15 lb/pi³).

Le temps nécessaire à un bon tassage est déterminé par la masse du tracteur utilisé pour l'opération. Il faut multiplier la masse (en kg) du tracteur de tassage par le nombre d'heures consacrées au tassage de l'ensilage, puis diviser le résultat par la masse (en tonnes) de la matière sèche contenue dans l'ensilage. Il faut au total 800 heures-kilogrammes par tonne (1 600 heures-livres par tonne courte) pour obtenir un tassage convenable. Si le tracteur de tassage n'est pas assez lourd, il faut envisager d'ajouter des masses d'alourdissement au véhicule ou aux pneus, d'utiliser un deuxième tracteur ou de ralentir la vitesse de récolte.

Exemple : Il faut 12 minutes (0,2 heure) pour tasser le contenu d'une remorque à fourrage d'une capacité de 3,5 tonnes de matière sèche à l'aide d'une chargeuse de 14 000 kg, comparativement à 28 minutes (0,47 heure) à l'aide d'un tracteur de 6 000 kg. Bien des entrepreneuses et entrepreneurs en travaux agricoles récoltent cette quantité de fourrage en 8 à 10 minutes. Pour pouvoir suivre la cadence à la distribution de l'ensilage, il est conseillé d'utiliser un tracteur plus lourd ou un tracteur supplémentaire.

Les silos-couloirs doivent être remplis de l'arrière vers l'avant de manière à créer une sorte de rampe (pente de ratio 1:4), et l'ensilage doit être tassé en couches minces d'au plus 15 cm (6 po) à la fois. Il s'agit de la méthode du « coin progressif ». Il ressort de la recherche que cette méthode améliore la préservation des glucides digestibles et accroît la stabilité au moment de l'affouragement, vraisemblablement parce que la surface d'exposition est réduite comparativement à la méthode « pleine longueur ». En outre, le tassage en est facilité.

MISE EN GARDE

Le tassage de l'ensilage peut s'avérer dangereux. Il ne faut jamais remplir les silos-couloirs plus haut que les murs, sinon le tracteur risque de basculer. Un tracteur qui monte une pente abrupte à reculons risque moins de se renverser. Tous les tracteurs de tassage doivent être munis d'un système antirenversement, et il faut avoir en place un plan de conduite permettant d'éviter les collisions si plusieurs tracteurs sont utilisés.



Recouvrement

D'après des études menées par K.K. Bolsen et son équipe de la Kansas State University, l'ensilage perd en moyenne au moins 30 % de sa matière sèche lorsqu'il est stocké dans un silo-couloir non couvert.

La meilleure option est d'utiliser une pellicule de plastique imperméable à l'oxygène spécialement conçue pour recouvrir l'ensilage. On peut également utiliser une pellicule de plastique de 6 à 8 mils (1 mil = 1/1 000 po ou 0,0254 mm). Dans les silos-couloirs en béton, il faut recouvrir les parois latérales et la pile d'une pellicule

de plastique lorsque le silo est plein pour empêcher les précipitations de couler le long des parois intérieures. Il est possible d'utiliser un conduit de drainage le long du périmètre en béton pour empêcher la pellicule de plastique sur les parois latérales de se déchirer pendant le remplissage. Il faut maintenir la bâche en place en plaçant des pneus, des sacs de gravillon ou d'autres matériaux sur toute la surface d'ensilage. Des études démontrent que plus la quantité de pneus sur la surface est grande, meilleure sera la conservation de l'ensilage. Pour obtenir des résultats optimaux, il faut placer les pneus de façon à ce qu'ils se touchent. Il est essentiel de fermer hermétiquement le silo-couloir aussitôt que possible après le remplissage. Contrairement à certaines recommandations, il ne faut pas laisser reposer l'ensilage après le tassage ni attendre au lendemain pour recouvrir l'ensilage. Plus la pile est exposée longtemps à l'oxygène contenu dans l'air, plus les pertes seront importantes.

Au lieu de pneus, on peut utiliser des sacs cylindriques en forme de saucisses remplis de sable ou de gravier pour maintenir le tout en place. Cette méthode présente plusieurs avantages : protection renforcée, étanchéité accrue, souplesse, facilité d'installation et de stockage des sacs de sable. On peut insérer plusieurs sacs cylindriques dans un manchon en polyéthylène couvrant le silo sur sa largeur, ce qui réduit les risques d'infiltration d'air entre les sacs. La figure 15-12 montre la disposition des sacs cylindriques. Il faut placer les sacs cylindriques directement sur la bâche en plastique recouvrant le silo; de cette façon, on réduit les coûts et élimine le besoin d'utiliser des pneus. Cette méthode est indiquée si les oiseaux ou les animaux ont tendance à déchirer la bâche.

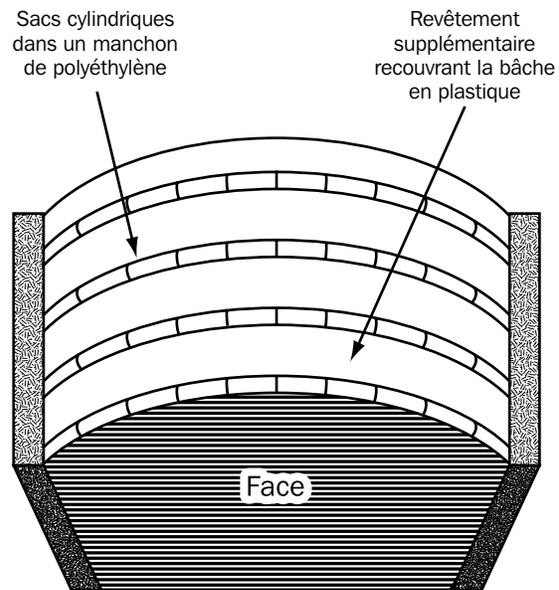


Figure 15-12. Disposition des sacs cylindriques.

Affouragement

La gestion de l'affouragement est aussi importante que le remplissage. Les pertes peuvent être importantes lorsque le silo-couloir est ouvert et que la face est exposée à l'oxygène. Certaines précautions s'imposent pour éviter autant que possible la pénétration de l'oxygène, par exemple raser ou déchiqueter la face. Il faut garder la face le plus propre possible. Le retrait de la quantité requise de fourrage réduira l'échauffement et limitera les pertes de matière sèche^[3].

Silos-boudins

Les silos-boudins sont souvent utilisés pour le stockage temporaire de l'ensilage lorsque l'exploitation agricole prend de l'expansion ou que le fourrage donne un meilleur rendement que prévu (figure 15-13). Si l'intégrité des sacs est maintenue, les pertes de matière sèche sont faibles, et la qualité fourragère est excellente. Pour un usage à long terme comme système permanent, ces sacs présentent certains inconvénients. À moins qu'ils ne soient posés sur une base bien drainée, exempte de mauvaises herbes, les sacs sont constamment la proie des rongeurs. Ils sont aussi vulnérables aux dommages causés par la grêle et les oiseaux, sans compter que les problèmes engendrés par la boue se répercutent sur les coûts

de main-d'œuvre. Les sacs nécessitent une grande surface de stockage. Quand on tient compte du coût de préparation d'une imposante base bien drainée destinée à accueillir les sacs, le système devient coûteux pour une utilisation à long terme^[4].



Figure 15-13. Silo-boudin.

Effluents

Les effluents d'ensilage posent deux problèmes au secteur agricole : la pollution des eaux ainsi que la corrosion et la détérioration des silos causées par les jus d'ensilage.

Lorsque les produits sont récoltés et ensilés à de faibles teneurs en eau, soit moins de 70 % dans le cas des silos horizontaux et moins de 60 % dans le cas des silos-tours, les risques de corrosion et de pollution sont minimes. Par contre, au-delà de ces teneurs en eau, on peut s'attendre à d'importants écoulements de jus d'ensilage (effluents) (tableau 15-3 et figure 15-14). La corrosion se produit lorsque les effluents sont piégés pendant un certain temps.

La production d'effluents peut être réduite ou éliminée en appliquant des techniques de culture et en choisissant le bon moment pour la récolte (voir le chapitre 14, *Récolte*).

Néanmoins, les effluents peuvent être inévitables dans certaines conditions. Par exemple, les conditions météorologiques peuvent forcer une agricultrice ou un agriculteur à récolter

de l'ensilage humide ou à ensiler des produits dérivés, comme des matières de maïs sucré. Ces pratiques provoqueront la production d'effluents.

Tableau 15-3. Silos-tours – Teneur en eau maximale des ensilages de plantes entières pour diminuer les effluents

Taille du silo	Teneur en eau maximale
3 m × 11 m (12 pi × 40 pi)	72 %
4 m × 15 m (14 pi × 50 pi)	70 %
5 m × 18 m (16 pi × 60 pi)	68 %
6 m × 21 m (20 pi × 70 pi)	66 %
7 m × 26 m (24 pi × 85 pi)	63 %
9 m × 26 m (30 pi × 110 pi)	60 %

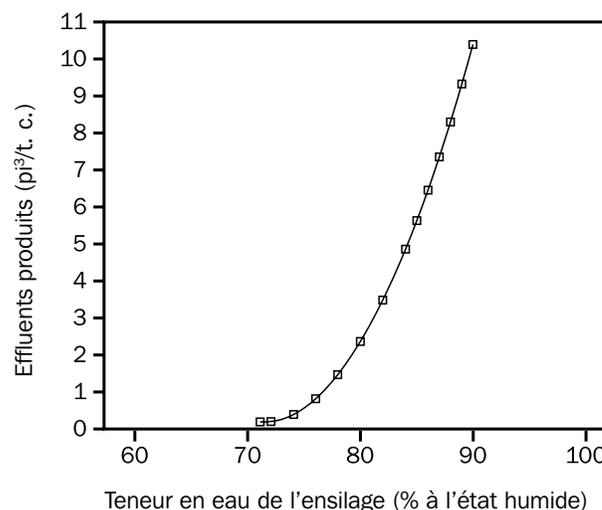


Figure 15-14. Effluents produits dans un silo horizontal selon la teneur en eau de l'ensilage.

Le taux d'effluents d'ensilage atteint son maximum dans les 5 à 10 jours qui suivent la mise en silo. En ce qui concerne la production normale d'ensilage traditionnel et préfané, le reste des effluents est généralement produit dans les 30 jours suivants. Les volumes produits varient selon la pression verticale dans le silo et la teneur en eau initiale des cultures. L'ajout d'acidifiants à l'ensilage augmente la teneur en eau des cultures, ce qui peut se traduire par un taux d'effluents d'ensilage plus élevé au départ.

L'écoulement des effluents hors des silos verticaux est à son maximum au cours du premier mois de stockage, puis s'atténue si le silo est doté d'un bon système de drainage interne, c'est-à-dire d'un réseau de drains de sol destinés à évacuer le lessivat. Si le drainage interne du silo est mauvais ou que les matières ensilées ont une teneur élevée en eau, des écoulements se produiront pendant toute la période de stockage à mesure que le silo est vidé. Si le silo n'est pas couvert, les précipitations peuvent augmenter le volume des effluents.

En ce qui concerne les silos horizontaux, l'eau de pluie ou de fonte qui s'écoule sur le plancher du silo dans l'aire de stockage et de chargement du fourrage accentue la production d'effluents dans le système de collecte. Le volume de base d'effluents à forte concentration peut être encore plus élevé à la suite d'un orage ou de la fonte des neiges.

Problèmes environnementaux

Dans les exploitations agricoles, la plupart des problèmes environnementaux associés aux effluents d'ensilage traditionnel et préfané (surtout le risque que les effluents pénètrent l'eau de surface ou souterraine) résultent de lacunes en ce qui a trait à la collecte et à la rétention des effluents qui s'écoulent des silos. Il est donc essentiel de se doter d'un système de collecte et de stockage ou de traitement adéquat si l'on s'attend à la production d'effluents.

Les effluents d'ensilage non dilués affichent des valeurs de demande biochimique en oxygène extrêmement élevées, de l'ordre de 12 000 à 90 000 mg/l (1,6 à 12 oz/gal) (tableau 15-4), soit de 60 à 450 fois plus élevées que celles des eaux d'égout non traitées. Même un petit déversement d'effluents dans un cours d'eau peut supprimer suffisamment d'oxygène pour tuer massivement les poissons. Des accusations ont été portées en Ontario dans des cas où des effluents d'ensilage ont entraîné la mortalité massive des poissons. De plus, en Ontario et aux États-Unis, des cas de contamination de puits par des effluents d'ensilage ont été signalés.

Le tableau 15-4 montre que les effluents d'ensilage contiennent des concentrations importantes d'éléments nutritifs (à des taux comparables à ceux du purin de bovins laitiers). Lorsqu'ils sont épandus correctement, les effluents d'ensilage constituent une excellente source d'éléments nutritifs pour les cultures. Toutefois, comme d'autres éléments nutritifs, ils peuvent devenir des polluants s'ils pénètrent l'eau de surface ou souterraine. Pour en savoir plus sur l'ajout d'éléments nutritifs aux cultures fourragères, voir le chapitre 2, *Fertilité du sol et éléments nutritifs*.

Il est important de collecter et de stocker tous les effluents de base du silo, de même que les premières eaux de ruissellement pluvial, car il s'agit de liquides à fortes concentrations de matières organiques et d'éléments nutritifs.

Tableau 15-4. Constituants des effluents d'ensilage

Constituants	Effluents d'ensilage types	Purin de bovins laitiers type
Matière sèche (%)	5 (2–10)	5
Azote total (mg/l)	1 500–4 400	2 600
Phosphore (mg/l)	300–600	1 100
Potassium (mg/l)	3 400–5 200	2 500
pH	4 (3,6–5,5)	7,4
Demande biochimique en oxygène (mg/l)	12 000–90 000	5 000–10 000

Corrosion par les acides et détérioration des silos

La détérioration des silos en béton est surtout attribuable à l'attaque des acides d'ensilage. Il s'agit principalement d'acide lactique et d'acide acétique, qui sont produits par les plants humides soumis au processus d'ensilage. Quand ces acides entrent en contact avec les parois en béton du silo, ils réagissent avec le ciment Portland qui lie les agrégats. Avec le temps, les parois finissent par s'affaiblir.

Ces mêmes acides corrodent également les frettes des silos-tours, l'acier d'armature et les ferrures. Si un silo n'est pas entretenu ou réparé convenablement, l'action des acides peut conduire à une défaillance de la structure. Le tableau 15-5 fournit de l'information sur les acides contenus dans les effluents d'ensilage qui provoquent la corrosion des silos.

Tableau 15-5. Constituants corrosifs des effluents d'ensilage

Constituants	Quantité
Acide lactique	4–6 %
Acide acétique	1–2 %
Acide butyrique	Normalement moins de 1 %
pH	3,5–5,5

La rapidité et la gravité de cette détérioration dépendent d'un certain nombre de facteurs, dont :

- la taille du silo;
- la teneur en eau des matières ensilées;
- le degré de protection permanente du béton.

La pression de l'ensilage influence considérablement la rapidité et l'ampleur de la détérioration par les acides. C'est dans le bas des silos que s'exerce la pression maximale. Plus le silo est haut, plus la pression est forte. La pression due au tassement de la masse ensilée augmente la production de liquides et d'effluents, lesquels se répandent librement. Sous l'effet de cette forte pression, les jus d'ensilage, qui renferment les acides, s'infiltreront dans les pores du béton. En conséquence, les silos de grandes dimensions subissent habituellement

davantage de détérioration par les acides que les silos plus petits. Plus la teneur en eau des produits ensilés est élevée, plus la fermentation est active et plus la production d'acides est grande. Les produits à forte teneur en eau accélèrent donc la détérioration du béton.

MISE EN GARDE

L'effondrement d'un silo-tour peut avoir des conséquences tragiques. L'Ontario compte son lot de victimes parmi la main-d'œuvre et les propriétaires d'exploitations agricoles. Les silos peuvent tomber sur des bâtiments adjacents et tuer ou blesser des animaux, endommager les biens et provoquer le gaspillage de l'ensilage ou des grains en réserve.



Voici comment prévenir l'action des acides d'ensilage, ou à tout le moins en atténuer les répercussions :

- Construire ou acheter un silo dont les parois sont faites d'un béton de haute qualité. Un béton dense et dur offre déjà une bonne résistance aux acides.
- Protéger la surface intérieure des parois du silo en empêchant les acides d'ensilage d'entrer en contact avec le béton.
- Appliquer un revêtement résistant aux acides sur la partie inférieure d'un nouveau silo jusqu'à une hauteur correspondant au quart ou au tiers de la hauteur totale.
- Appliquer, au besoin, une nouvelle couche de revêtement de façon à maintenir les parois étanches.
- Empêcher la détérioration causée par les acides d'ensilage en récoltant les produits à une teneur en eau suffisamment faible de sorte qu'il n'y ait pas d'effluents.

- Attendre idéalement que les plants entiers destinés à l'ensilage soient assez humides pour assurer une bonne fermentation, mais assez secs pour éviter que leurs jus ne se répandent librement.
- Utiliser un doseur d'humidité pour déterminer le moment où les plants ont la teneur en eau souhaitée pour le stockage.
- Si possible, vider complètement le silo une fois par année afin de réduire la période pendant laquelle la partie inférieure du silo se trouve en contact avec de l'ensilage mouillé.
- Laisser les parois intérieures du silo s'assécher entre les remplissages.

Le seul signal d'alerte d'une défaillance imminente d'un silo est du béton fissuré. Au moins une fois par année, il est important d'examiner l'extérieur du silo pour voir si des fissures sont apparues et d'effectuer une inspection superficielle avec des jumelles.

Si un silo présente des signes de détérioration avancée, il faut consulter une ingénieure ou un ingénieur avant de le vider.

MISE EN GARDE

L'effondrement d'un silo peut avoir des conséquences graves, parfois fatales. La vidange d'un silo peut accroître considérablement les surcharges imposées à la structure. Si une défaillance est imminente, la vidange du silo pourrait provoquer instantanément l'irréparable. Au moindre indice d'instabilité, il faut demander à une ingénieure ou un ingénieur d'évaluer sur place l'intégrité de la structure avant de la remplir ou de la vider.



Si, à première vue, l'affectation des vieux silos en béton au stockage de grain sec peut sembler une solution logique, il ne faut surtout pas prendre cette décision sans l'avis d'une professionnelle ou d'un professionnel. Les silos conçus pour l'ensilage de plante entière ou l'ensilage préfané doivent d'abord être renforcés pour servir au stockage de grain sec. Les dispositifs de renforcement généralement utilisés sont des frettes en acier qu'on installe par intervalles à l'extérieur du silo sur toute sa hauteur. La conception des dispositifs de renforcement doit être confiée à une ingénieure ou un ingénieur.

Il ne faut jamais convertir un silo pour le stockage de grain sec sans avoir d'abord consulté une ingénieure ou un ingénieur.

Stockage et traitement des effluents d'ensilage

MISE EN GARDE

Il ne faut jamais mélanger les effluents d'ensilage dans des réservoirs fermés, surtout si ceux-ci sont situés dans un bâtiment d'élevage, car le mélange de fumier et d'effluents d'ensilage accélère la libération de sulfure d'hydrogène. Les effluents d'ensilage doivent être acheminés seulement dans des installations extérieures non couvertes.



Voici des pratiques recommandées pour la gestion des effluents d'ensilage :

- Couvrir les silos pour empêcher les précipitations de pénétrer et de s'infiltrer dans l'ensilage traditionnel ou préfané.
- Dévier toutes les eaux de surface dans une direction opposée au silo, car on considère qu'il s'agit d'eau propre qui n'a pas à être recueillie ni stockée.

- Pour tout nouveau silo susceptible de produire des effluents, aménager un système de collecte et de stockage des effluents.
- Chaque fois que le silo est vidé, inspecter les parois intérieures à la recherche de signes de corrosion. Si la corrosion est avancée, appliquer une nouvelle couche de revêtement sur les parois intérieures.
- En ce qui concerne les silos horizontaux, il existe plusieurs options pour gérer les effluents :
 - **dans le cas de silos existants**, installer un drain souterrain de 100 mm (4 po) à la jonction du plancher et des parois intérieures du silo;
 - **dans le cas de nouveaux silos**, percer des trous dans les parois pour évacuer les effluents vers un drain extérieur, et protéger l'acier des acides d'ensilage par une couche de béton d'au moins 75 mm (3 po) d'épaisseur;
 - **dans le cas de silos existants ou nouveaux dotés d'un bon système de drainage de plancher vers l'avant du silo**, installer un puisard pour recueillir les effluents et les évacuer vers une installation de stockage permanente. Un drain d'interception horizontal à l'avant du silo est très efficace pour recueillir le lessivage et les eaux de ruissellement touchées dans le silo (figure 15-15).
- Des écoulements peuvent se produire pendant toute la durée du stockage à mesure que le silo est vidé de son contenu. Les jus dilués ou les liquides qui s'échappent dans des périodes où les effluents ne sont pas recueillis ne doivent pas pénétrer directement dans un cours d'eau ou un puisard ni s'écouler sur des terres ayant une assise rocheuse peu profonde.
- Communiquer avec une ingénieure ou un ingénieur pour concevoir les installations de stockage et de traitement des effluents d'ensilage.



Figure 15-15. Drain d'interception des effluents provenant de silos-couloirs.

Il peut être nécessaire de diluer les effluents concentrés avec le même volume d'eau (1:1) avant de les épandre directement sur les cultures. Les effluents étant considérés comme des éléments nutritifs, la quantité épandue doit être prise en compte dans le plan de gestion des éléments nutritifs.

Les effluents servent aussi d'aliment complémentaire. Compte tenu de leur concentration élevée en potassium et en nitrates, il ne faut les utiliser comme aliments pour bétail qu'après avoir consulté une ou un spécialiste.

Les effluents peuvent également servir d'intrant pour un système digesteur. Il faut veiller à les introduire lentement afin d'éviter les problèmes opérationnels.

Les productrices et producteurs doivent communiquer avec l'agente ou l'agent de l'environnement de leur région avant d'utiliser des effluents d'ensilage dans une aire de végétation. Il faut rejeter les eaux de ruissellement ou les matières diluées vers une aire de végétation, sauf si l'aire de végétation a une assise rocheuse peu profonde. Il faut également veiller à ce qu'il y ait une distance suffisante avec l'eau de surface et les entrées de drains souterrains.

Le Plan agroenvironnemental recommande les saines pratiques de gestion suivantes :

- situer les réservoirs à effluents à au moins 60 m (200 pi) de toute eau de surface (ruisseau, fossé, étang ou entrée de drain souterrain);
- laisser entre les réservoirs à effluents et les puits une séparation d'au moins 23 m (76 pi) pour un puits foré à la sondeuse et d'au moins 46 m (151 pi) pour un puits creusé à la main ou à la tarière.

Les sites de stockage des balles d'ensilage préfané, qu'elles soient ensachées, introduites dans des tubes ou enveloppées dans du plastique, doivent se situer à au moins 9 m (30 pi) des eaux de surface et des drains souterrains des champs pour réduire les risques de contamination.

Combustion spontanée (incendies)

Le processus d'échauffement du fourrage suivi de son ignition est couramment appelé combustion spontanée. La combustion spontanée du foin survient habituellement pendant les deux premiers mois de stockage. Dans les silos, le fourrage peut s'assécher si l'air y pénètre par des fentes dans les parois ou les portes; il en résulte un risque d'incendie à longueur d'année.

Le phénomène d'échauffement et de combustion spontanée survient lorsqu'il y a suffisamment d'humidité (teneur en eau supérieure à 25 %, mais inférieure à 45 % pour le fourrage), d'oxygène (air) et de matière organique pour permettre la croissance de bactéries et de moisissures. Cette croissance entraîne une température de pointe initiale de 54 à 65 °C. À une telle température, une réaction chimique appelée réaction de Maillard peut avoir lieu et générer de la chaleur additionnelle. Cette réaction peut s'entretenir d'elle-même et se poursuivre même sans oxygène. Les gaz produits s'enflamment lorsqu'ils atteignent une température assez haute en présence d'oxygène.

Quelles sont les causes d'incendie?

- Foin trop mouillé qui s'échauffe (teneur en eau dépassant 25 %) et entre dans le cycle de combustion spontanée (figure 15-16 et tableau 15-6)
- Ensilage trop sec qui s'échauffe (teneur en eau inférieure à 40 %) et entre dans le cycle de combustion spontanée (tableau 15-6)
- Grosse masse de fourrage qui permet l'accumulation de chaleur
- Lente infiltration d'air dans l'ensilage
- Ensilage conservé trop longtemps (deux ans) qui s'assèche dans le silo jusqu'à un niveau critique

Prévention des incendies

La teneur en eau du foin ou de l'ensilage est la principale cause d'incendie dans le fourrage (figure 15-16). Pour écarter un tel risque, il faut vérifier le taux d'humidité des récoltes à l'aide d'un testeur d'humidité ou d'un four à micro-ondes. Pour en savoir plus sur la mesure de la teneur en eau, voir le chapitre 14, *Récolte*.

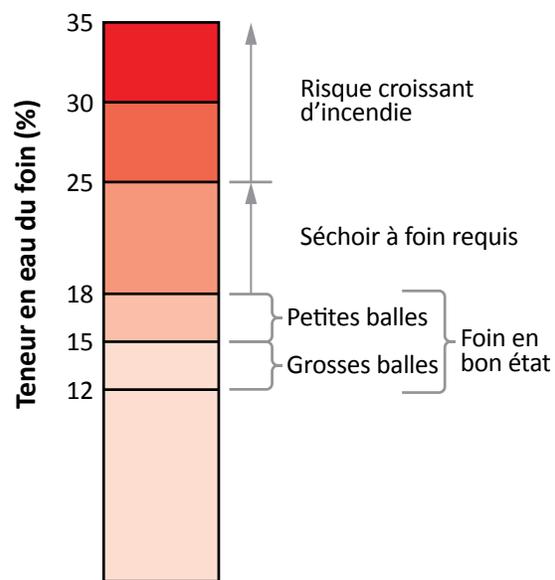


Figure 15-16. Teneur en eau du foin sec.

Pour le foin dont le taux d'humidité est supérieur aux recommandations, on doit utiliser un séchoir à foin. Il faut empiler les balles de foin couchées sur le côté pour qu'elles gardent leur forme et pour permettre la circulation d'air. Parce qu'elles sont plus denses et volumineuses, les grosses balles

de foin entravent la dispersion de la chaleur et de l'humidité. Elles s'enflamment donc plus facilement que les petites balles rectangulaires si elles sont trop humides. Voir le tableau 15-6 pour la teneur en eau recommandée.

Tableau 15-6. Teneur en eau recommandée pour le stockage

Type de stockage	Teneur en eau recommandée (%)	Teneur en matière sèche recommandée (%)
Foin		
Petites balles rectangulaires	15–18	82–85
Grosses balles rondes – faible densité	13–16	84–87
Grosses balles rondes – haute densité	12–15	85–88
Grosses balles rectangulaires	12–14	86–88
Ensilage traditionnel ou préfané		
Silo horizontal	60–70	30–40
Silo-tour	60–65	35–40
Silo-tour hermétique	45–55	45–55
Ensaché (haché)	60–70	30–40
Balles	50–60	40–50

Remarque : Calculs basés sur l'utilisation.

Source : H. Bellman, S. Clarke, B. Stone.

Beaucoup d'agricultrices et agriculteurs aspergent leur foin de sel au moment de le mettre en réserve pour empêcher les feux de foin. Cependant, des essais ont montré que le sel n'a aucun effet de contrôle sur la combustion spontanée. En revanche, la glace carbonique, l'azote liquide ou le dioxyde de carbone pompé dans le foin empêchera la combustion en éliminant l'oxygène.

Il faut vérifier le foin régulièrement. Une légère odeur de caramel ou une odeur de moisi peut être un signe d'échauffement du foin.

La clé de la prévention des incendies de silo est d'éviter que l'air frais entre en contact avec l'ensilage. Voici ce qu'il faut faire pour stocker l'ensilage sans danger :

- vérifier régulièrement les portes des silos-tours, et si elles sont désajustées ou endommagées, les réparer pour empêcher l'infiltration d'air dans l'ensilage;
- étant donné que l'air peut aussi s'introduire à travers une paroi endommagée, vider complètement le silo tous les deux ans. Vérifier les parois et les réparer au besoin.

La plupart des incendies de silo sont causés par un ensilage trop sec. La teneur en eau de l'ensilage doit être entre 45 et 65 %. Une teneur inférieure à 40 %, jumelée à la présence d'air due à un mauvais tassage ou à un manque d'étanchéité du silo, crée un risque d'échauffement ou d'incendie.

Indices de danger

- La structure ou le silo s'échauffe.
- On peut voir de minces volutes de vapeur d'eau.
- Il y a une légère odeur de caramel.
- Il y a une forte odeur de roussi, comme si de la ficelle à lieuse brûlait.
Alerter le service d'incendie!
- Il y a de la fumée ou des flammes.
Alerter le service d'incendie!

Évaluation par sondage

Foin

Quand il devient évident que le foin s'échauffe, la première chose à faire est de vérifier sa température au moyen d'une sonde qu'on peut fabriquer soi-même, comme celle de la figure 15-17. Le sondage permettra de déterminer s'il y a un foyer d'incendie et en quel endroit, ou il aidera à évaluer la probabilité d'un incendie. On peut se servir des renseignements du tableau 15-7 pour prendre une décision. Le test le plus simple consiste à plonger une tige d'acier ou de cuivre profondément, jusqu'au centre du fourrage, et de l'y laisser pendant environ une heure. Si la tige, une fois retirée, est presque trop chaude pour être tenue dans la main, il y a lieu de s'inquiéter.

On peut fabriquer une sonde à l'aide d'un morceau de 3 m (10 pi) de tuyau électrique, en fixant un goujon en bois à bout pointu à une extrémité et en perçant huit trous de 5 mm (¼ po) de diamètre dans le tuyau juste au-dessus de la pointe. Il faut ensuite glisser la sonde dans le tas de foin et y insérer un thermomètre de confiserie à l'aide d'une longue corde. Le thermomètre doit rester dans la sonde pendant 10 minutes pour assurer une lecture précise.

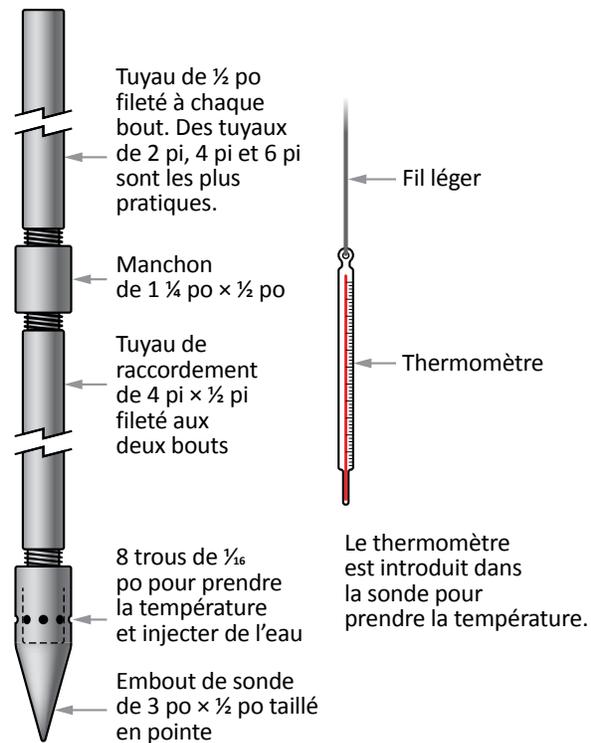


Figure 15-17. Sonde et thermomètre pour le foin.

Tableau 15-7. Températures critiques pour la combustion spontanée

Température	Mesures à prendre
65 °C	Vérifier la température quotidiennement. Les températures inférieures à ce seuil ne sont pas considérées comme anormales, mais au-delà de 52 °C, il faut faire preuve de vigilance.
70 °C	Danger! Mesurer la température toutes les quatre heures et inspecter l'installation de stockage.
80 °C	Alerter le service d'incendie! Garder toutes les portes et autres ouvertures fermées pour prévenir les courants d'air qui ajouteraient de l'oxygène au feu. Sortir les animaux et les outils de la structure avant de toucher au foin. Avec l'aide des pompiers, mouiller le foin et le retirer de la structure. Le fourrage dont la température est supérieure à 82 °C peut s'enflammer au contact de l'air. Placer le foin à une bonne distance des bâtiments lorsqu'il est retiré de l'installation de stockage, au cas où il s'enflammerait.

Ensilage

Dans le cas de l'ensilage, des températures dépassant 82 °C signifient qu'à la longue, il y aura carbonisation, combustion lente ou incendie. On sonde l'ensilage surtout pour trouver l'endroit où se situe le foyer d'incendie, puisque la plupart du temps, il y a incendie avant que les signes d'échauffement se manifestent. Habituellement, le feu se trouve dans les 3 mètres (10 pi) supérieurs du silo ou autour des portes qui ne sont pas parfaitement étanches. Le sondage par infrarouges sert aussi à localiser les points chauds. Pour obtenir le matériel de détection nécessaire, il faut communiquer avec une agente ou un agent de la sécurité à la ferme de votre localité, le Bureau du commissaire des incendies de l'Ontario, à Toronto, ou des entreprises spécialisées en isolation thermique.

Procédés d'extinction

Foin

Dans le foin en réserve, l'échauffement est souvent confiné dans une poche au sein de la masse. On ne doit pas tenter d'éliminer cette poche sans la présence des pompiers et d'un camion-citerne parce que le fourrage pourrait s'enflammer au contact de l'air. Le retrait du foin peut se faire au moyen d'une excavatrice ou d'une chargeuse forestière à grappin. Le foin doit être placé à une bonne distance de la structure au cas où il s'enflammerait.

Si l'incendie est tellement intense qu'il doit être éteint dans le bâtiment, il faut mouiller le foin et l'enlever immédiatement. La main-d'œuvre doit être consciente de la possibilité de chute à travers une épaisseur de fourrage formant un pont au-dessus d'une cavité dans laquelle il y a du feu.

Il faut faire preuve d'une extrême prudence si le foin en feu a été traité avec des agents de conservation chimiques contenant de l'éthoxyquine ou de l'hydroxytoluène butylé puisqu'à une température d'environ 115 °C (240 °F), ces substances produiront du cyanure d'hydrogène, un gaz mortel. Les additifs contenant principalement de l'acide propionique ne produisent pas de cyanure d'hydrogène pendant un incendie.

Ensilage

Il faut alerter le service d'incendie et lui laisser le soin de maîtriser le feu. Les pompiers auront besoin de tout leur équipement, y compris des respirateurs autonomes pour se protéger du gaz d'ensilage. Dans les silos traditionnels à toit ouvert, ils localiseront les points chauds grâce à une sonde et les éteindront en injectant de l'eau par la sonde directement sur le foyer d'incendie. Des gaz pourraient être produits par l'injection d'eau dans un incendie de silo. Toutefois, comme les gaz ne peuvent pas s'accumuler dans un silo ouvert et non scellé, le risque d'explosion est à peu près nul.

Dans un silo traditionnel à toit ouvert, on recommande d'enlever le fourrage endommagé par le feu si :

- l'ensilage n'a presque plus de valeur nutritive;
- l'eau a lessivé les acides, entraînant le développement de moisissures et la détérioration de l'ensilage;
- le feu pourrait reprendre dans l'ensilage.

Tableau 15-8. Quantités approximatives de dioxyde de carbone ou d'azote liquide nécessaires pour maîtriser un incendie de silo

Dimensions du silo Diamètre × hauteur	Dioxyde de carbone (CO ₂)	Azote liquide (N ₂)
6 m × 18 m (20 pi × 60 pi)	20 bouteilles	40 bouteilles
6 m × 21 m (20 pi × 70 pi)	22 bouteilles	44 bouteilles
6 m × 24 m (20 pi × 80 pi)	30 bouteilles	60 bouteilles
7 m × 18 m (24 pi × 60 pi)	30 bouteilles	60 bouteilles
7 m × 21 m (24 pi × 70 pi)	35 bouteilles	70 bouteilles
7 m × 24 m (24 pi × 80 pi)	40 bouteilles	80 bouteilles
9 m × 18 m (30 pi × 60 pi)	45 bouteilles	90 bouteilles
9 m × 21 m (30 pi × 70 pi)	50 bouteilles	100 bouteilles
9 m × 24 m (30 pi × 80 pi)	60 bouteilles	120 bouteilles

Remarque : Les bouteilles de gaz sont de grand format.

Source : Dennis J. Murphy et William C. Arble. *Extinguishing Fires in Silos and Hay Mows* [NRAES-18], Pennsylvania State University.

En imprégnant complètement d'eau les couches supérieures de fourrage avant de les enlever et en mettant la désileuse en marche par intermittence, on réduit au minimum le risque d'un nouvel incendie dans le silo et toute surchauffe possible du moteur.

Dans les silos hermétiques, n'importe quel incendie peut devenir extrêmement dangereux à cause des gaz explosifs qui s'y accumulent. Comme mesure de contrôle, on injecte de l'azote liquide ou du dioxyde de carbone dans le silo pour abaisser la température. Voir le tableau 15-8 pour les quantités nécessaires.

Tous les silos hermétiques devraient être munis de soupapes spécialement conçues pour l'injection de gaz en vue de maîtriser un incendie. Il est recommandé de consulter le manuel de l'utilisateur pour obtenir des directives sur la façon d'éteindre un incendie de silo.

Recyclage des films plastiques

Le recyclage des films plastiques consiste à les récupérer du flux des déchets agricoles pour les soumettre à nouveau au processus de fabrication. Ce recyclage exige la mise en place d'un système ou d'une infrastructure basés sur la collecte, le tri, la transformation et la mise en marché.

Les principaux problèmes que posent les films plastiques agricoles sont les suivants :

- impossibilité de les garder propres;
- dégradation par les rayons ultraviolets;
- coûts élevés de collecte et de tri;
- absence d'un marché fiable pour les utilisations finales.

Des efforts sont déployés dans le monde entier pour recueillir et recycler les films plastiques agricoles. Les problèmes soulevés trouveront bientôt des solutions. Pour le moment, la meilleure recommandation que l'on puisse faire aux agricultrices et agriculteurs ontariens est de remiser leurs films plastiques usagés jusqu'à ce que des projets de recyclage hors ferme voient le jour.

Collecte

Les entreprises de recyclage doivent ramasser une grande quantité de matières à recycler sur de nombreuses exploitations agricoles. Toutefois, les films plastiques usagés sont encombrants et se transportent mal. Un bon moyen de réduire les frais de transport de ce matériau encombrant est de le compacter et de le mettre en balles à l'exploitation agricole. Il existe des compacteurs spécialement conçus à cette fin.

Mesures à prendre en vue du recyclage hors ferme :

- Une fois que le film plastique est retiré, le secouer pour le débarrasser des contaminants (saleté, ensilage préfané, eau, glace, etc.). Séparer les ficelles du plastique.
- Remiser immédiatement les films plastiques à l'intérieur pour les protéger de la dégradation et des rayons ultraviolets. Parfois, les agricultrices et agriculteurs gardent le plastique dans des remorques à foin à l'intérieur de hangars.
- Garder les films plastiques propres et secs.
- Mettre les films plastiques en balles pour faciliter leur manutention, leur stockage et leur transport. Utiliser uniquement des ficelles de plastique (et non de jute) pour la mise en balles.
- Expédier les balles à une usine de recyclage de la région où a lieu un projet pilote, ou conserver les matières plastiques en vue d'un éventuel programme de recyclage à grande échelle.

Tri

Les films plastiques utilisés en agriculture sont essentiellement constitués de polyéthylène basse densité. Un tri est nécessaire, car ce matériau peut renfermer différents produits et additifs. Par exemple, les films plastiques ont une épaisseur de 0,5 à 1 mil et renferment des adhésifs, tandis que les tubes de plastique ont une épaisseur de 4 à 15 mils et ne renferment aucun adhésif.

Transformation

Il faut laver les films plastiques avant de les convertir en pastilles destinées à être transformées en films, ou de les mouler en produits comme du bois synthétique ou des poteaux de clôture. À leur arrivée à l'usine de transformation, les plastiques sont soumis à une inspection et sont acceptés ou refusés selon leur degré de contamination. On entend par contamination la présence de saleté, de sable, de pierres, de graisse, de végétaux, d'eau, d'autres types de plastiques, de colle, de ruban adhésif et de détérioration par les rayons ultraviolets. Si le film a perdu de sa flexibilité et est ridé, c'est qu'il a subi une forte détérioration par les rayons ultraviolets. Les possibilités de le recycler en un film destiné à un usage agricole sont alors considérablement compromises.

Les films plastiques sont ensuite déchiquetés, lavés et débarrassés des contaminants, puis insérés dans une extrudeuse où ils fondent sous l'effet de la chaleur et de la pression. Le plastique fluide est extrudé en fils fins, puis refroidi et coupé en pastilles. Les entreprises manufacturières utilisent ces pastilles pour fabriquer des produits faits de films plastiques.

Certains films plastiques sont déchiquetés, fondus et moulés immédiatement.

Mise en marché

Films recyclés

Les films plastiques utilisés en agriculture peuvent être réutilisés comme films plastiques. Cette solution est idéale puisqu'elle évite d'avoir à trouver un marché pour le produit recyclé.

Produits de plastique moulés

Le moulage permet d'obtenir toute une gamme de produits : bois synthétique pour l'aménagement paysager, clôtures, planches pour enclos, poteaux, bancs, tables à pique-nique et palettes. La mise en marché de ces produits passe nécessairement par l'élaboration d'un plan de marketing.

Une fois la technique mise au point, on pourra récupérer 97 % des films plastiques sous forme de pastilles destinées à une nouvelle transformation. Combinées à parts égales avec des pastilles vierges, les pastilles recyclées pourraient ensuite servir à fabriquer des sacs à ordures, des géotextiles, des valises, des coupe-froid, etc. Les premiers résultats indiquent que pendant le processus, le film étirable s'enroule sur lui-même, est difficile à laver, emprisonne l'eau et la saleté et provoque le bourrage des filtres des extrudeuses. Des adaptations seront donc nécessaires pour convertir les films plastiques en pastilles ou flocons destinés à la transformation.

La fabrication de bois synthétique à partir de films plastiques agricoles donne des résultats très encourageants. Toutefois, il arrive que les films plastiques soient trop mouillés et trop sales pour être manipulés ou que les résidus d'ensilage traditionnel et préfané laissent, après leur combustion, des stries brunes dans le plastique. Ces problèmes pourraient être résolus par l'ajout d'un séchoir permettant de manipuler les matières mouillées ou par la collecte de films plastiques secs seulement et l'utilisation d'un colorant foncé.

Références

1. WORKPLACE SAFETY & PREVENTION SERVICES. *Silo Safety* [fiche d'information], Mississauga (Ontario), 2019.
2. HOLMES, B. *Round Bale Hay Storage Losses and Costs*, Cooperative Extension Service, University of Wisconsin Team Forage, 2004.
3. RUPPEL, K.A., R.E. PITT, L.E. CHASE et D.M. GALTON. « Bunker Silo Management and Its Relationship to Forage Preservation on Dairy Farms », dans *Journal of Dairy Science*, vol. 78, 1995, p. 141-153.
4. HOLMES, B.J., et R.E. MUCK. *Preventing Silage Storage Losses*, University of Wisconsin-Extension, 2000. [<https://fyi.extension.wisc.edu/forage/preventing-silage-storage-losses>].

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Publication 811F, *Guide agronomique des grandes cultures*, 2017.

Incendies de silo ou de grange à foin sur votre ferme [fiche technique 93-027a], 1993.

Récolte et entreposage de grosses balles d'ensilage préfané [fiche technique 01-074], 2001.

Bien gérer les effluents d'ensilage [fiche technique 15-004], 2015.

Combustion spontanée et feux de foin, 1998.

Planification des systèmes d'affouragement des exploitations laitières en vue de leur expansion, 2011.

Détérioration des silos-tours en béton [fiche technique 08-058], 2008.

Farm Silo Selection, 1981.

« Réduire le gaspillage dans les entrepôts de foin », dans *Le bœuf virtuel du MAAARO* [En ligne], 15 février 2019. [www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/beef/news/vbn0219a4.htm].

Les gaz dangereux dans les exploitations agricoles [fiche technique 14-018], 2017.

Maintenir la qualité de l'ensilage en grosses balles [fiche technique 98-070], 1998.

Les silos couloirs, 2000. [www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/dairy/facts/info_bunker.htm].

Le recyclage des films plastiques utilisés sur la ferme [fiche technique 95-020], 1995.

Analyse et classement des fourrages



Prélèvement d'un échantillon de fourrage à des fins d'analyse

L'échantillonnage est une méthode à la fois simple et essentielle pour déterminer la qualité du fourrage. On doit prélever un échantillon de fourrage pour bien équilibrer les rations et ainsi obtenir le rendement souhaité des animaux et déterminer la valeur marchande du fourrage.

Il peut y avoir beaucoup de variation dans un lot de fourrage. Un lot est une section d'un champ où la récolte s'effectue dans des conditions météorologiques et à un stade de maturité donnés. Voici les techniques à appliquer pour prélever un échantillon représentatif.

Échantillonnage du foin

Comme une simple poignée de foin ne peut pas constituer un échantillon représentatif, une sonde d'échantillonnage est indispensable. Il existe de nombreux types de sondes sur le marché. Les sondes à enfoncer sont manuelles; les sondes à

vilebrequin ou à perceuse électrique sont les plus populaires. Beaucoup de modèles récents sont munis d'un récipient pour recueillir les échantillons (carottes).

Il faut une sonde d'un diamètre intérieur de 1 à 2 cm ($\frac{3}{8}$ à $\frac{3}{4}$ po). Une sonde de plus petit diamètre risque de mal couper, alors qu'une sonde au diamètre trop grand prélèvera un échantillon trop volumineux pour le laboratoire. Il faut éviter les vis ouvertes qui perdent des particules de feuilles lorsqu'on les retire de la balle. La sonde doit pénétrer dans la balle à une profondeur de 30 à 55 cm (12 à 22 po). Des études ont démontré qu'une sonde très longue n'est probablement pas nécessaire pour les grosses balles.

Le bout de la sonde peut être droit, cannelé ou dentelé (figure 16-1), pourvu qu'il soit très coupant. Un bout bien coupant produira une coupe nette dans le fourrage, alors qu'un bout émoussé repoussera les tiges, ce qui faussera l'échantillonnage. Une sonde au bout cannelé ou droit peut être aiguisée manuellement à l'aide d'une lime. Le taillant doit être disposé à angle droit par rapport à la sonde. Comme un bout dentelé s'aiguisé au moyen de matériel spécial, il est souvent plus simple de le remplacer lorsqu'il s'émousse.



Figure 16-1. Le bout d'une sonde d'échantillonnage de fourrage peut être droit, cannelé (non illustré) ou dentelé.

MISE EN GARDE

Le bout d'une sonde d'échantillonnage est très coupant; il faut le manipuler avec précaution pour éviter les blessures graves.



Technique :

1. Insérer la sonde à un angle de 90° et retirer la carotte.
 - Si la balle est ronde, prélever l'échantillon sur la face courbe.
 - Si la balle est grosse et rectangulaire, prélever l'échantillon sur le bout.
 - Si la balle est petite et rectangulaire, prélever l'échantillon au centre à partir du bout.
2. Répéter l'étape 1 jusqu'à ce qu'au moins 20 balles (une carotte par balle) aient été échantillonnées.
3. Combiner les carottes pour former un seul échantillon. Placer l'échantillon dans un sac de congélation en plastique, retirer l'air du sac et le fermer hermétiquement.

Échantillonnage de balles ensilées

L'échantillonnage de balles ensilées ressemble beaucoup à l'échantillonnage de grosses balles de foin. On doit utiliser une sonde très coupante pour prélever un échantillon représentatif. Il faut échantillonner les balles au hasard à diverses hauteurs. C'est particulièrement important dans le cas des balles ensilées, car leur base est plus humide, et la fermentation pourrait être inégale dans les différentes parties.

La fermentation peut durer huit semaines. Une fois qu'elle est terminée, l'analyse du fourrage reste uniforme longtemps. Pour obtenir les résultats les plus exacts possible, il faut attendre huit semaines après la récolte pour prélever les échantillons. Or, si les balles doivent être servies avant la fin des huit semaines, on prélèvera un échantillon avant de les servir, puis huit semaines plus tard pour rééquilibrer les rations.

Technique :

1. À l'aide d'un couteau universel, faire dans l'enveloppe de la balle une fente assez grande pour y insérer la sonde. Insérer la sonde à un angle de 90° et retirer la carotte.
 - Si la balle est ronde, prélever l'échantillon sur la face courbe.
 - Si la balle est grosse et rectangulaire, prélever l'échantillon sur le bout.
2. Boucher l'ouverture hermétiquement avec du ruban d'ensilage de grande qualité. Mettre plusieurs couches de ruban pour prévenir la détérioration.
3. Répéter les étapes 2 et 3 jusqu'à ce qu'au moins 20 balles (une carotte par balle) aient été échantillonnées.
4. Combiner les carottes pour former un seul échantillon. Placer l'échantillon dans un sac de congélation en plastique, retirer l'air du sac et le fermer hermétiquement.

Échantillonnage à partir d'un silo-tour

Dans un silo-tour, la gravité permet de tasser l'ensilage et d'en retirer l'air. L'ensilage au sommet de la tour est donc moins dense et peut se détériorer. C'est pourquoi il doit être exclu de l'échantillonnage.

Comme dans le cas des balles ensilées, la fermentation peut durer huit semaines. Si l'on attend qu'elle soit terminée, le fourrage à échantillonner sera plus stable. Or, si l'ensilage doit être servi avant la fin des huit semaines, on prélèvera un échantillon avant de le servir, puis huit semaines plus tard pour rééquilibrer les rations. Le prélèvement de nouveaux échantillons pendant l'affouragement doit se faire suivant les directives de la ou du nutritionniste.

S'il y a des changements notables entre les coupes, il faut prélever de nouveaux échantillons chaque fois.

Technique :

1. Enlever le premier mètre d'ensilage.
 - Option 1 : Prendre des poignées d'ensilage sur le transporteur à la sortie du silo.
 - Option 2 : Prendre des poignées d'ensilage sur le chariot d'alimentation à la sortie du silo.
 - Option 3 : Décharger l'ensilage dans une brouette ou un autre contenant, le mélanger et prélever un échantillon.
2. Placer l'échantillon dans un sac de congélation en plastique, retirer l'air du sac et le fermer hermétiquement.

Échantillonnage à partir d'un silo horizontal (silos-boudins et silos-couloirs)

MISE EN GARDE

Dans un silo-couloir, une face de coupe très haute peut être dangereuse si une grande quantité de fourrage s'en détache telle une avalanche. Il faut éviter de travailler près de cette face, à une distance inférieure au double de sa hauteur. Il ne faut pas enlever le fourrage de façon à en laisser en surplomb au sommet de la face.



En attendant huit semaines après la récolte pour prélever les échantillons, on laisse tout le temps à la fermentation de se produire. Or, si l'ensilage doit être servi avant la fin de ces huit semaines, on prélèvera un échantillon avant de le servir, puis un autre huit semaines plus tard. Il faudra peut-être prélever de nouveaux échantillons à intervalles réguliers à mesure que l'ensilage sera servi, pour rééquilibrer les rations. Le prélèvement de nouveaux échantillons pendant l'affouragement doit se faire suivant les directives de la ou du nutritionniste. S'il y a des changements notables entre les coupes, il faut prélever de nouveaux échantillons chaque fois.

Technique :

1. Utiliser le chargeur frontal d'un tracteur ou d'une désileuse pour faire tomber une pile d'ensilage. Déplacer la pile à une distance sécuritaire de la face de coupe du silo.
2. Prendre de cinq à huit poignées d'ensilage dans la pile. Bien mélanger l'ensilage dans un seau propre.
3. Placer l'échantillon dans un sac de congélation en plastique, retirer l'air du sac et le fermer hermétiquement.

Envoi d'un échantillon de fourrage

Comme les échantillons se séparent souvent en particules de feuilles et de tiges, il ne faut pas créer de sous-échantillons ni diviser l'échantillon composite. L'échantillon doit peser environ 200 g (0,4 lb). Il ne doit pas être trop volumineux, sinon le laboratoire aura du mal à le broyer sans en faire des sous-échantillons, ce qui risquerait de fausser les résultats. Il faut aussi éviter les échantillons de foin trop petits, qui ne seraient pas représentatifs.

Il faut étiqueter clairement les échantillons en précisant, à tout le moins, le nom de la productrice ou du producteur, la date de l'échantillonnage et le type de fourrage. On peut aussi préciser le champ et la coupe dont provient le fourrage. Chaque laboratoire qui offre des services d'analyse des fourrages fournit son propre formulaire, à joindre aux échantillons soumis. On peut en obtenir une copie auprès du laboratoire ou le télécharger de son site Web.

La façon dont un échantillon est manipulé entre l'exploitation agricole et le laboratoire peut avoir un effet sur l'exactitude des résultats. Pour réduire au minimum l'intervalle de temps entre l'échantillonnage et l'analyse, il faut poster les

échantillons le lundi, le mardi ou le mercredi, de manière à ce qu'ils arrivent au laboratoire avant la fin de semaine. Les échantillons qui ne peuvent être postés immédiatement doivent être congelés.

Il n'existe pas en Ontario de programme d'accréditation pour l'analyse des fourrages. Il faut donc prendre soin de s'adresser à un laboratoire reconnu.

Comprendre l'analyse des fourrages

Un laboratoire peut s'y prendre de deux façons pour analyser un échantillon de fourrage : par chimie humide ou par spectroscopie de réflexion dans le proche infrarouge (RPI). La chimie humide permet de mesurer la valeur nutritive à l'aide de la chaleur et de substances chimiques qui décomposent les fourrages. La RPI permet d'estimer la valeur nutritive d'un aliment à l'aide de la réflexion de la lumière plutôt que de substances chimiques, dans le but d'identifier les substances composant un échantillon et d'en évaluer les quantités. Les valeurs de réflexion sont introduites dans les équations d'étalonnage pour l'estimation des valeurs nutritives. Les équations sont basées sur des études dans lesquelles la chimie humide sert à valider les résultats obtenus grâce à la RPI. La RPI permet d'obtenir rapidement des résultats économiques demandant une préparation minimale de l'échantillon au laboratoire. La chimie humide est une méthode d'analyse plus précise que la RPI, mais dont la fiabilité des estimations dépend des équations d'étalonnage.

Voici des explications concernant les analyses généralement présentées dans les rapports de laboratoire.

Matière sèche

Chaque rapport précise le pourcentage de matière sèche de l'aliment analysé. La matière sèche correspond au matériau résiduel exempt d'humidité obtenu après le séchage de l'échantillon dans un four de laboratoire. On cherche à connaître le pourcentage de matière sèche de l'aliment parce que l'humidité dilue la concentration des éléments nutritifs présents; par ailleurs, il est courant d'évaluer les fourrages et d'équilibrer les rations en se basant sur la matière sèche.

Tel quel

Le terme « Tel quel » est l'expression de la valeur nutritive d'un aliment tel qu'il est consommé, c'est-à-dire avec toute l'eau qu'il renferme habituellement. La valeur nutritive de l'aliment analysé tel quel est toujours plus faible que lorsque l'analyse est basée sur la matière sèche.

Protéines

Les protéines sont faites de combinaisons complexes d'acides aminés différents; elles sont indispensables à la croissance, à la production et à la reproduction des animaux.

Protéines brutes

Évaluation de la teneur totale en protéines d'un aliment, déterminée en multipliant par 6,25 la teneur en azote de l'aliment. Les protéines brutes comprennent les protéines vraies et d'autres substances renfermant de l'azote, comme l'ammoniac, les acides aminés et les nitrates. Ce paramètre ne révèle pas la qualité des protéines contenues dans l'aliment. C'est pourquoi les rapports le répartissent habituellement en protéines solubles, en protéines brutes de fibre au détergent acide (FDA), en protéines brutes de fibre au détergent neutre (FDN) et en protéines soustraites à la dégradation ruminale, aussi appelées protéines digestibles dans l'intestin.

Protéines solubles

Les protéines solubles sont très facilement assimilables par les animaux. Constituées de petites chaînes d'acides aminés ou d'azote non protéique, elles se dissolvent dans le liquide du rumen et sont absorbées à travers la paroi du rumen. Les protéines solubles sont les mêmes dans la colonne « Tel quel » et la colonne « Matière sèche » sur la feuille de résultats, car elles sont exprimées en pourcentage des protéines brutes totales. Idéalement, cette valeur devrait se situer entre 43 et 63 % dans le cas de l'ensilage de maïs et entre 49 et 67 % dans le cas de l'ensilage préfané. À noter que la teneur en protéines brutes augmente avec la fermentation de l'ensilage de maïs, d'où l'importance de faire analyser cet ensilage régulièrement.

Protéines brutes de fibre au détergent acide (FDA)

Les protéines brutes de FDA sont associées à la fraction des protéines brutes qui n'est pas assimilable par l'animal, car elle a été détruite par la chaleur. Dans le cas des fourrages, cette destruction peut être causée par la chaleur naturellement produite par la fermentation; dans le cas de certains ingrédients alimentaires, comme la drêche de distillerie, elle est attribuable à la chaleur produite durant le processus de transformation du grain. La valeur idéale se situe entre 0,8 et 1,0 %. Dans cette fourchette, les dommages risquant d'affecter la qualité fourragère sont minimes. Si le pourcentage se situe entre 1,5 et 2,0 %, c'est qu'il y a eu surchauffe susceptible de compromettre la qualité fourragère en rendant une partie des protéines brutes du fourrage inutilisable par les microbes du rumen ou l'animal.

Protéines soustraites à la dégradation ruminale

Les protéines soustraites à la dégradation ruminale correspondent à la fraction des protéines qui résiste à la dégradation par les microbes du rumen et peut être absorbée par l'intestin grêle. Cette fraction porte aussi d'autres noms, comme « protéines absorbables dans l'intestin » ou « protéines digestibles dans l'intestin ».

Glucides

Les glucides sont des substances fournissant de l'énergie. Ils comprennent l'amidon, les sucres, la cellulose et l'hémicellulose (figure 16-2). Tous les glucides renferment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et sont habituellement divisés en deux groupes : les glucides structuraux (fibres provenant des parois cellulaires végétales) et les glucides non structuraux (sucres et amidon provenant du contenu des cellules végétales).

Fibres (glucides structuraux)

Fibres au détergent neutre (FDN)

Les FDN servent à mesurer les constituants de la paroi cellulaire végétale (lignine, cellulose et hémicellulose) présents dans un fourrage en faisant bouillir un échantillon dans une solution détergente au pH neutre. Bien qu'à peine digestibles, les FDN sont quelque peu dégradées par les micro-organismes du tube digestif. La teneur en FDN sert à prévoir la prise alimentaire d'un ruminant.

Elle est liée à la quantité de fourrage que peut ingérer l'animal, et plus la FDN augmente, plus la quantité de matière sèche consommée diminue, habituellement.

La teneur en FDN se situe généralement entre 38 et 50 % pour l'ensilage de maïs et entre 39 et 50 % pour l'ensilage préfané. Elle augmente avec la maturité du fourrage.

Fibres au détergent acide (FDA)

Les FDA servent à mesurer la teneur d'un fourrage en lignine et en cellulose en faisant bouillir un échantillon dans une solution détergente acide. La teneur en FDA sert à prévoir la teneur énergétique (unités nutritives totales, énergie nette) du fourrage. Cette valeur est importante, car elle est liée à la capacité de l'animal à digérer le fourrage; ainsi, plus elle est élevée, moins l'aliment est digestible.

Cette teneur se situe généralement entre 22 et 30 % pour l'ensilage de maïs et entre 30 et 39 % pour l'ensilage préfané. Elle augmente avec la maturité du fourrage.

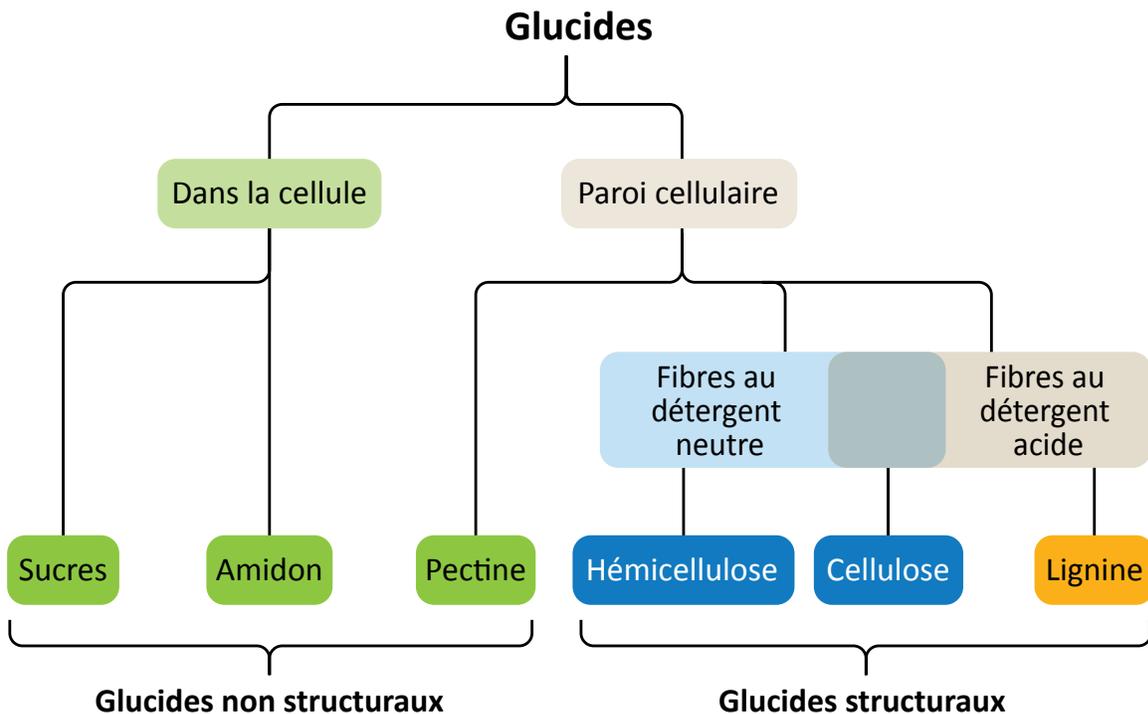


Figure 16-2. Types de glucides dans un fourrage.

Lignine

La lignine est la fraction non digestible de la cellule végétale, qui agit en quelque sorte comme la « colle » qui tient le tout ensemble. Sa teneur augmente avec la maturité du fourrage et se situe normalement entre 2 et 4 % pour l'ensilage de maïs et entre 4 et 12 % pour l'ensilage préfané. La lignine est un bon indicateur de problèmes liés à la digestibilité, puisqu'elle nuit à la digestion de la paroi cellulaire en bloquant physiquement les enzymes microbiennes.

Fibres au détergent neutre (FDN) digestibles

Les FDN digestibles servent à mesurer la digestibilité, pour les ruminants, des FDN contenues dans les fourrages. Elles fournissent une meilleure estimation de la valeur nutritive que les seules mesures des teneurs en lignine et en FDA. La FDNd24 et la FDNd48 indiquent le nombre d'heures durant lequel l'analyse in vitro de la digestibilité a été effectuée en vue d'établir la digestibilité de la source de nourriture. Autrement dit, elles indiquent la quantité de matière alimentaire qui a été digérée par les microbes dans le liquide du rumen après une période donnée. Dans le cas de la FDNd24, on cible une teneur minimale de 40 %, mais il est toujours mieux d'avoir la valeur la plus élevée possible. Une teneur élevée signifie que durant une période de 24 heures, une grande quantité de matière a été digérée et que l'aliment a été bien absorbé par les microbes du rumen. Dans le cas de la FDNd48, on cible une teneur plus élevée, puisque l'analyse a été effectuée sur une période deux fois plus longue. On vise donc entre 65 et 70 %, et on note parfois des valeurs entre 70 et 80 %. Le taux de disparition des FDN est un taux horaire basé sur une équation mise au point à l'Université Cornell.

Sucres et amidon (glucides non structuraux)

Les glucides non structuraux sont les glucides non compris dans les FDN, soit les glucides hydrosolubles et l'amidon. Ils sont rapidement et facilement digérés par les animaux.

Amidon

L'amidon représente une réserve d'énergie pour les végétaux et est facilement digéré par les animaux. Les graminées et les céréales de saison chaude en contiennent plus que les graminées et les légumineuses de saison fraîche.

Glucides hydrosolubles

Les glucides hydrosolubles servent à mesurer la teneur en sucres et en fructosane. La clientèle de l'étranger en demande souvent l'analyse avant d'acheter du foin.

Glucides solubles dans l'éthanol

Les glucides solubles dans l'éthanol servent à mesurer la teneur en sucres. La différence entre les glucides hydrosolubles et les glucides solubles dans l'éthanol est particulièrement importante pour l'alimentation des chevaux, car une alimentation riche en fructosane est associée à la fourbure.

Autres mesures de l'énergie

La figure 16-3 illustre les liens entre les différentes mesures de l'énergie. Voici une description détaillée des mesures couramment présentées dans les analyses de fourrage et les plus souvent prises en compte dans l'alimentation des ruminants et des chevaux.

Unités nutritives totales (UNT)

L'énergie ou les UNT sont calculées à l'aide d'une équation, puisqu'il ne s'agit pas d'un élément nutritif. Cette équation inclut les FDN, la lignine, les matières grasses, l'amidon, les minéraux et les protéines liées, et elle sert à estimer les valeurs relatives à l'énergie. Le calcul des UNT est d'une exactitude comparable à celle du calcul de l'énergie digestible. Les UNT surestiment la valeur énergétique des fourrages grossiers par rapport à celle des céréales.

Énergie digestible

L'énergie digestible est l'énergie apparente rendue disponible à l'animal par la digestion; elle est égale à l'énergie brute contenue dans un aliment moins l'énergie contenue dans les fèces. Elle sert à équilibrer les rations des chevaux.

Énergie nette

L'énergie nette est la quantité d'énergie réellement disponible pour couvrir les besoins d'entretien et de production de l'animal; elle représente l'énergie brute contenue dans un aliment moins l'énergie perdue dans les fèces, l'urine, les gaz et les pertes de chaleur. Il est possible de faire la distinction entre l'énergie nette d'entretien (EN_e), l'énergie nette de croissance (EN_c) et l'énergie nette de lactation (EN_l). L' EN_l , l' EN_c et l' EN_e sont également mentionnées dans les rapports, mais depuis quelques années, ces valeurs sont généralement calculées à partir de tous les autres ingrédients inclus dans un programme d'équilibrage des rations. Le plus souvent, la valeur de l' EN_c est la moins élevée des trois et doit être supérieure à 1. Cette valeur est surtout importante pour les éleveuses et éleveurs de bovins de boucherie, car le gain de poids dans le troupeau est un facteur clé. La valeur de l' EN_e est habituellement la plus élevée des trois, bien qu'elle soit semblable à celle de l' EN_l .

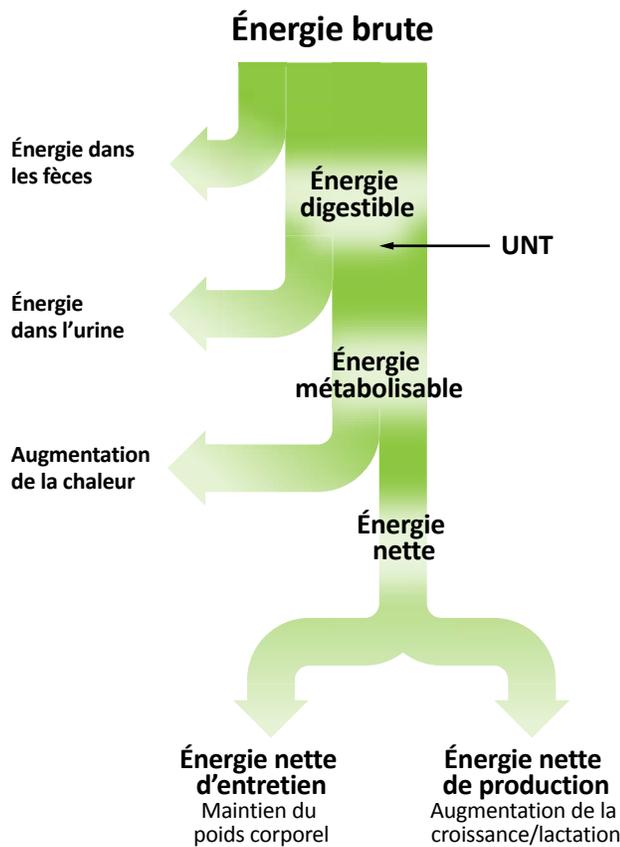


Figure 16-3. Liens entre les différents types d'énergie des aliments.

Matières grasses (lipides)

Les lipides sont des substances présentes dans les tissus végétaux et animaux, insolubles dans l'eau, mais solubles dans le benzène ou l'éther. Ils comprennent les corps gras, les huiles, les glycolipides, les phosphoglycérides, les cires et les stéroïdes.

Le terme « matières grasses » est généralement utilisé, mais en fait, il ne s'agit pas uniquement de matières grasses, mais plutôt d'extrait éthéré. C'est ce terme qu'on utilise dans certains rapports, car la fraction extraite contient des cires, des cutines, etc. Le pourcentage d'extrait éthéré d'un échantillon d'ensilage de maïs se situe habituellement entre 3 et 4 %, et celui d'un échantillon d'ensilage préfané, entre 3,1 et 4,6 %.

Minéraux

Cendres

Les cendres sont les éléments minéraux inorganiques des plantes, qu'on obtient en laboratoire en brûlant la matière organique à une température élevée et en pesant les résidus. Elles se composent des minéraux contenus dans les végétaux qui font partie de l'alimentation des animaux ainsi que des contaminants du sol introduits dans le fourrage pendant la récolte. Dans l'ensilage préfané, une teneur en cendres de 7 à 8 % indique peu de contamination, une teneur de 9 à 11 % révèle une contamination, et une teneur supérieure à 11 % est nettement problématique. La teneur en cendres de l'ensilage de maïs varie, mais habituellement, le maïs est fauché suffisamment haut et ne contient que des quantités limitées de cendres attribuables à une contamination du sol; la teneur se situe alors entre 2,5 et 3,5 %.

Macroéléments

Les macroéléments sont des minéraux dont le bétail a besoin en assez grande quantité, par exemple le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le chlore, le soufre et le sodium.

Le calcium et le phosphore sont généralement les minéraux les plus importants pour les éleveuses et éleveurs de bovins de boucherie, qui visent un ratio calcium-phosphore de 2:1. Le suivi et l'équilibre des teneurs en potassium sont très importants pour la formulation des rations des vaches taries. Les teneurs en minéraux mesurées lors d'une analyse de fourrage peuvent servir à créer un supplément minéral adapté aux besoins du bétail.

Oligoéléments

Les oligoéléments sont des minéraux nécessaires aux animaux en très petite quantité, comme le manganèse, le cuivre, le zinc, le sélénium, le fer, le cobalt, l'iode et le fluor.

Autres analyses

Il se peut qu'on effectue d'autres analyses d'échantillons de fourrage que celles expliquées ci-dessus, qui servent à équilibrer les rations. Souvent, ces autres analyses sont exclues des forfaits d'analyse, mais offertes sur demande. Des analyses visant à dépister les composants dommageables (contaminants ou toxines) peuvent être demandées si l'on soupçonne un problème dans le fourrage.

Valeur alimentaire relative (VAR)

La VAR est une mesure normalisée de la qualité des fourrages calculée d'après les teneurs en FDA et en FDN. La valeur d'un fourrage ayant une teneur en FDN de 53 % et une teneur en FDA de 41 % est de 100. Les fourrages dont la valeur est supérieure à 100 sont de grande qualité, et ceux dont la valeur est inférieure à 100 sont de qualité moindre. La VAR peut être calculée à partir de la quantité de matière sèche consommée et de la teneur en matière sèche digestible ou à partir des teneurs en FDA et en FDN, selon l'une ou l'autre des formules suivantes :

$$\text{VAR} = (\% \text{ de matière sèche digestible} \times \% \text{ de matière sèche consommée}) \div 1,29$$

$$\text{VAR} = [(88,9 - 0,78 \times \% \text{ de FDA}) \times (120 / \% \text{ de FDN})] \div 1,29$$

La VAR n'est plus beaucoup utilisée de nos jours, mais elle figure encore souvent sur les certificats d'analyse. Des productrices et producteurs de foin ont mis au point cet indice il y a longtemps pour estimer la prise alimentaire et la digestibilité du foin à base de luzerne en vue de sa mise en marché. La VAR peut servir à comparer des variétés de luzerne entre elles, mais lorsque la teneur en FDN digestibles est inconnue, la digestibilité des graminées est toujours sous-estimée par rapport à celle de la luzerne.

Qualité relative du fourrage (QRF)

L'indice de QRF a été mis au point pour prédire le rendement animal plus exactement que la VAR. La QRF tient compte à la fois de la teneur en protéines brutes, de la teneur en fibres digestibles et de la quantité estimée de matière sèche consommée.

$$\text{QRF} = (\text{quantité de matière sèche consommée, ou \% du poids corporel}) \times (\text{UNT, ou \% de matière sèche}) \div 1,23$$

Différentes équations ont été établies pour calculer la quantité de matière sèche consommée et les UNT dans le cas des légumineuses et des graminées. La qualité relative des fourrages ayant la même VAR peut varier grandement, et les animaux qui s'en nourrissent ne donneront pas le même rendement. Il est utile de connaître la QRF pour attribuer un lot de fourrage à un groupe d'animaux, fixer le juste prix du foin selon sa valeur nutritive et évaluer les légumineuses et les graminées de saison fraîche. La QRF n'est pas conçue pour l'évaluation de l'ensilage de maïs (en raison de sa teneur élevée en amidon), la comparaison des graminées de saison chaude à celles de saison fraîche ou l'équilibre des rations du bétail, ni pour les plantes herbacées non graminoides autres que les légumineuses (espèces à feuilles larges) ou les autres fourrages de remplacement.

Fermentation

L'analyse de la fermentation sert à vérifier la qualité du processus d'ensilage, surtout si la quantité de fourrage consommée ou la qualité nutritionnelle du fourrage est faible. Elle consiste généralement à mesurer le pH et les concentrations d'acide

lactique, d'acide acétique, d'acide propionique, d'acide butyrique, d'ammoniac et d'éthanol (tableau 16-1). Des résultats anormaux peuvent aider les productrices et producteurs à cerner les problèmes dans leur processus d'ensilage.

Tableau 16-1. Concentrations typiques des produits de fermentation dans les cultures d'ensilage courantes

	Ensilage de maïs	Ensilage préfané de légumineuses Humidité > 65 %	Ensilage préfané de légumineuses Humidité < 55 %	Ensilage préfané de graminées
pH	3,7–4,2	4,3–4,5	4,7– 5,0	4,3–4,7
Acide lactique (%)	4–7	7–8	2–4	6–10
Acide acétique (%)	1–3	2–3	0,5–2,0	1–3
Acide propionique (%)	< 0,1	< 0,5	< 0,1	< 0,1
Acide butyrique (%)	0	< 0,5	0	0,5–1,0
Éthanol (%)	1–3	0,5–1,0	0,5	0,5–1,0
Azote ammoniacal (% de protéines brutes)	5–7	10–15	< 12	8–12

Source : Limin Kung, Université du Delaware.

Un pH supérieur à 5 – ou à 5,5 dans le cas des balles ensilées – indique une fermentation déficiente ou insuffisante, qui sera instable et donnera un ensilage non durable et davantage gaspillé par les animaux. L'ensilage préfané de légumineuses a un pouvoir tampon plus élevé que l'ensilage préfané de graminées et l'ensilage de maïs, et bien souvent, son pH est lui aussi plus élevé.

L'acide lactique doit représenter plus de 65 à 70 % de tous les acides contenus dans l'ensilage. On vise un ratio acide lactique-acide acétique d'au moins 3:1. L'acide lactique est le produit le plus souhaitable de la fermentation, car il se développe efficacement et s'accompagne d'une perte minimale de matière sèche. Il s'avère très efficace pour abaisser le pH, et l'ajout d'un inoculant commercial de bactéries lactiques vise donc à stimuler la production de cet acide (voir le chapitre 14, *Récolte*). L'acide lactique dégage peu d'odeur.

Au-delà de 3 ou 4 %, la concentration d'acide acétique peut nuire à la fermentation, surtout si la concentration d'acide lactique est faible. On ajoute parfois des inoculants de *Lentilactobacillus buchneri* au maïs à ensilage et au maïs-grain humide pour produire de l'acide acétique en fin de fermentation et ainsi accroître la durée de conservation du maïs. On pourrait penser que la fermentation est déficiente, mais ce n'est pas le cas. L'acide acétique a une odeur de vinaigre. Un excédent d'acide acétique par rapport à l'acide lactique signifie que la fermentation n'était pas optimale et qu'il aurait peut-être fallu ajouter un inoculant commercial de bactéries lactiques.

Une haute concentration d'éthanol révèle la présence de levures, qui réduisent la récupération de matière sèche et favorisent la formation de moisissures et les pertes à l'affouragement. Elle peut aussi modifier le goût du lait. Une odeur sucrée, comme celle du cidre, est signe d'une forte concentration d'éthanol produit par les levures issues de la dégradation de l'ensilage. Dans ce cas,

les pertes par fermentation sont souvent élevées, et l'ensilage risque de chauffer et de se détériorer dans le silo.

Une forte concentration d'azote ammoniacal révèle une dégradation excessive des protéines et peut entraîner un excès de protéines dégradées dans le rumen. Des concentrations de plus de 12 à 15 % peuvent poser problème pour les nutritionnistes d'élevages laitiers. Une odeur d'agent de blanchiment révèle une dégradation excessive des protéines en ammoniac et en amines, qui pourrait être due à une fermentation par *Clostridium* ou à un pH élevé.

Une forte concentration d'acide butyrique cause d'importantes pertes de matière sèche et d'énergie digestible et signifie qu'il pourrait y avoir des problèmes de gestion à régler. Chez les ruminants, elle provoque une diminution de la prise alimentaire et nuit au métabolisme. Si l'ensilage est riche en acide butyrique, il vaut mieux s'en débarrasser dans la mesure du possible. Gary Oetzel, de l'Université du Wisconsin, recommande les limites quotidiennes suivantes pour l'ingestion d'acide butyrique, afin de prévenir la perte d'appétit et la cétose chez les vaches laitières :

- vaches qui viennent de vêler : moins de 50 g (1,8 oz);
- vaches en début de lactation : moins de 150 g (5,3 oz);
- toutes les autres vaches en lactation : moins de 250 g (8,8 oz).

Une odeur rance ou de poisson révèle la présence d'acide butyrique résultant d'une contamination par les bactéries *Clostridium* provenant du sol. Ce problème peut se produire lorsqu'on coupe ou racle le fourrage trop près du sol. Les bactéries *Clostridium* peuvent aussi être introduites dans l'ensilage par les pneus du tracteur utilisé pour le tassage, par les éclaboussures de pluie et par l'épandage de fumier trop longtemps après la coupe précédente. L'acide butyrique se développe aussi fréquemment lorsque l'ensilage contient trop d'eau (plus de 70 %). Non seulement l'ensilage dégage une mauvaise odeur, mais il a parfois une

texture poisseuse et collante. L'ensilage préfané peut s'agglutiner en particules caractéristiques de l'acide butyrique. La fermentation cause des pertes élevées de glucides non structuraux, et donc une augmentation des teneurs en FDA et une dégradation des protéines. Avec une sapidité réduite et un faible niveau d'énergie digestible, le bétail consomme moins d'ensilage et donne un moins bon rendement.

Azote des nitrates/nitrates

Les nitrates contenus dans le fourrage sont transformés en nitrites dans le rumen. Habituellement, les nitrites sont rapidement convertis en ammoniac par les bactéries du rumen, absorbés par le sang et évacués avec l'urine. Lorsque le fourrage contient une forte concentration de nitrates, les microbes du rumen ne peuvent pas gérer la production de nitrites. Ceux-ci forment de la méthémoglobine dans le sang, ce qui réduit le pouvoir oxyphorique. Parmi les symptômes d'une intoxication aiguë aux nitrates chez les animaux figurent la titubation, les vomissements, les difficultés respiratoires, la coloration bleu-gris des muqueuses et la mort (généralement dans les trois heures). L'intoxication chronique aux nitrates se manifeste souvent par une réduction du gain de poids, des avortements et des naissances prématurées. Pour en savoir plus sur les facteurs de risque d'une concentration élevée de nitrates dans les cultures fourragères, voir le chapitre 10, *Stress d'origine météorologique*.

L'analyse des fourrages est le seul moyen de savoir si la concentration de nitrates peut poser un problème. La plupart des laboratoires qui analysent les fourrages offrent également des analyses visant à déterminer la concentration de nitrates. Il faut s'assurer que l'échantillon à analyser est représentatif du fourrage et le congeler pour éviter que la concentration de nitrates ne change entre l'exploitation agricole et le laboratoire. Les nitrates peuvent être désignés de différentes manières dans les résultats d'analyse : nitrate (NO_3) ou azote des nitrates ($\text{NO}_3\text{-N}$). Ces mesures peuvent être exprimées en pourcentage ou en parties par million – ppm (tableau 16-2).

Pour réduire le risque d'intoxication aiguë aux nitrates, il faut nourrir les animaux plusieurs fois par jour au lieu de leur donner une seule grosse ration. Le bétail nourri une fois par jour a tendance à manger beaucoup lorsque le fourrage arrive, et une concentration de nitrates trop élevée dans la ration cause une augmentation importante du taux de méthémoglobine environ huit heures plus tard. Les ruminants qui sont nourris deux fois par jour consomment de plus petites portions, et leur taux de méthémoglobine augmente, mais de façon modérée, quatre heures après chaque repas.

Une autre façon de gérer les nitrates consiste à les diluer. Le mélange d'un fourrage à forte concentration de nitrates avec un fourrage à faible concentration de nitrates peut ramener la quantité de nitrates dans la ration à un niveau sécuritaire. Il faut consulter une ou un nutritionniste avant de diluer les nitrates dans un fourrage.

Tableau 16-2. Indications concernant la concentration de nitrates dans le fourrage en fonction de la matière sèche dans les rations du bétail

	Nitrates (NO ₃)		Azote des nitrates (NO ₃ -N)		Nitrate de potassium (KNO ₃)	
	%	ppm	%	ppm	%	ppm
Généralement sécuritaire	0,15	< 1 500	< 0,04	< 350	< 0,81	< 8 100
Généralement sécuritaire pour les femelles non gestantes; limite de 50 % de la ration totale pour les femelles gestantes	0,15–0,5	1 500–5 000	0,04–0,11	350–1 130		
Limite de 25 à 50 % de la ration pour les femelles non gestantes; ne pas servir aux femelles gestantes	0,5–1,0	5 000–10 000	0,11–0,23	1 130–2 260	0,81–1,63	8 100–16 300
Ne pas servir	> 1,0	> 10 000	> 0,23	> 2 260	> 1,63	> 16 300

Sources : Glunk et autres, 2015^[1]. Gouvernement de la Saskatchewan (agriculture, ressources naturelles et industrie)^[2].

MISE EN GARDE

La dégradation des nitrates pendant l'ensilage peut dégager des oxydes d'azote (NO, NO₂, N₂O₄). Les quantités dégagées par les fourrages à forte concentration de nitrates peuvent être élevées et devenir rapidement mortelles. Pour en savoir plus au sujet de la sécurité, voir le chapitre 15, *Stockage*.



Mycotoxines

Les mycotoxines sont des substances toxiques pour les animaux qui sont produites sur les végétaux par des champignons, surtout lorsque les végétaux sont soumis à un stress pendant la saison de croissance ou la saison de récolte (p. ex. désoxynivalénol – DON, zéaralénone, aflatoxine et T-2). Leur présence dans le fourrage peut réduire la prise alimentaire, ce qui affecte la production des animaux laitiers et des animaux de boucherie (tableau 16-3). Selon des études, la consommation de mycotoxines pourrait aussi avoir des effets négatifs sur le système immunitaire et accroître davantage le risque déjà élevé de problèmes de santé chez certains animaux, comme les jeunes bestiaux et les animaux très productifs.

Tableau 16-3. Indications concernant la concentration de mycotoxines dans une ration totale en fonction de la matière sèche

Mycotoxine	Concentration préoccupante ¹ (ppm)	Concentration potentiellement dangereuse ² (ppm)		
		Bovins	Moutons et chèvres de boucherie	
DON	0,56	2,5–6,0	Animaux en période préreproductive	5
			Femelles gestantes	5
			Femelles de remplacement	10–15
			Agneaux/chevreaux en croissance	15
Zéaralénone	0,56	3,9–7,0	Animaux en période préreproductive	0,5
			Femelles gestantes	5,0
			Femelles de remplacement	Inconnue
			Agneaux/chevreaux en croissance	10
T-2	0,25	0,7–1,5	–	–
HT-2	0,25	1,5–3,0	–	–

¹ Concentration préoccupante : Concentration révélant des conditions favorables à la production de la mycotoxine. Procéder à des analyses s'il y a lieu, surtout en présence de symptômes modérés. Limiter la quantité de fourrage suspect servi si la baisse de rendement ou les symptômes persistent. Cesser l'utilisation du fourrage en cas de baisse marquée de la production ou de symptômes cliniques aigus.

² Concentration potentiellement dangereuse : Concentration qui semble indiquer que la baisse du rendement ou les symptômes cliniques aigus sont dus à la présence de la toxine. Cesser l'utilisation du fourrage, du moins provisoirement, prélever des échantillons et procéder à des analyses.

Source (concentration potentiellement dangereuse pour les bovins) : Wright, 2016.

Source (concentration potentiellement dangereuse pour les moutons et les chèvres de boucherie) : Neary, 2009^[3].

Les années où la moisissure dans les cultures est préoccupante, les productrices et producteurs doivent s'adresser à leur conseillère ou conseiller en alimentation animale ou à leur vétérinaire au sujet de l'analyse des mycotoxines dans l'ensilage une fois la fermentation terminée et avant de nourrir les animaux. Cette consultation les aidera à déterminer si une étape de gestion supplémentaire s'impose au moment de servir l'ensilage. À noter que les laboratoires qui offrent des services d'analyse des fourrages ne sont pas tous équipés pour dépister les mycotoxines.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a fait édicter les concentrations maximales suivantes de mycotoxines dans une ration totale :

- DON : 5 ppm pour les bovins de plus de quatre mois et 1 ppm pour les veaux de moins de quatre mois;
- HT-2 : 1 ppm pour les bovins, mais 0,025 ppm pour les animaux laitiers.

Outre ces limites prévues par la loi, l'ACIA recommande les concentrations maximales suivantes de mycotoxines dans une ration :

- zéaralénone : 10 ppm pour les vaches (1,5 ppm si d'autres toxines sont présentes) et 5 ppm pour les moutons;
- alcaloïdes de l'ergot : de 2 à 3 ppm pour les bovins, les moutons et les chevaux.

Classes de foin

L'Agricultural Marketing Service de l'United States Department of Agriculture (USDA) a élaboré un système de classement du foin pour uniformiser l'établissement des prix de vente aux enchères aux États-Unis. Les descriptions physiques peuvent s'appliquer au foin pur de légumineuses ou de graminées ou au foin de légumineuses ou de graminées mélangé destiné aux fourrages pour ruminants (tableau 16-4).

Tableau 16-4. Descriptions physiques du foin selon les désignations de qualité de l'USDA

Classe	Description
Suprême	Maturité très précoce (avant la floraison), tiges souples et fines, très feuillu – indices d'une valeur nutritive très élevée. Foin de très belle couleur et intact.
Haut de gamme	Maturité précoce (avant la floraison dans le cas du foin de légumineuses et avant l'épiaison dans le cas du foin de graminées), très feuillu, tiges fines – indices d'une valeur nutritive élevée. Foin vert et intact.
Bon	Maturité précoce ou normale (au début ou au milieu de la floraison dans le cas du foin de légumineuses et au début de l'épiaison dans le cas du foin de graminées), feuillu, tiges fines ou moyennement fines. Foin intact, exception faite d'une légère décoloration.
Acceptable	Maturité tardive (au milieu ou à la fin de la floraison dans le cas du foin de légumineuses et pendant l'épiaison dans le cas du foin de graminées), peu ou moyennement feuillu, tiges généralement épaisses. Légers dommages possibles.
Faible	Maturité très tardive (au stade des gousses dans le cas du foin de légumineuses et au stade des épis dans le cas du foin de graminées), tiges épaisses. Classe pouvant comprendre le foin rejeté en raison de dommages excessifs et d'une grande quantité de mauvaises herbes ou de moisissures.

Outre ces descriptions physiques, l'USDA a établi des valeurs indicatives pour l'analyse du foin de luzerne pur (tableau 16-5).

Tableau 16-5. Désignations de qualité établies par l'USDA pour la luzerne destinée aux animaux d'élevage et contenant au plus 10 % de graminées

Légende :					
	FDA = fibres au détergent acide	FDN = fibres au détergent neutre			
	VAR = valeur alimentaire relative	UNT = unités nutritives totales		PB = protéines brutes	
Classe	FDA (%)	FDN (%)	VAR ¹	UNT ² (%)	PB (%)
Suprême	< 27	< 34	> 185	> 62	> 22
Haut de gamme	27–29	34–36	170–185	60,5–62	20–22
Bon	29–32	36–40	150–170	58–60	18–20
Acceptable	32–35	40–44	130–150	56–58	16–18
Faible	> 35	> 44	< 130	< 56	< 16

¹ La VAR se calcule à partir des teneurs en FDA et en FDN selon cette formule :

$$\text{VAR} = [(88,9 - 0,78 \times \% \text{ de FDA}) \times (120 / \% \text{ de FDN})] \div 1,29.$$

² Les UNT se calculent selon cette formule, d'après Bath et Marble (1989) : $\text{UNT} = [82,38 - (0,7515 \times \text{FDA})]$.

Remarque : La classe est déterminée selon les valeurs ci-dessus et l'aspect du foin. Tous les chiffres sont présentés en fonction de la matière sèche.

Foin pour chevaux

Les éleveuses et éleveurs de bétail récoltent le foin au stade précoce de la floraison pour obtenir un produit à haute teneur protéique et énergétique. Cette méthode ne convient pas à la production de foin pour chevaux. Les propriétaires de chevaux déterminent la qualité du foin en regardant sa couleur et en vérifiant s'il y a de la poussière, des mauvaises herbes, des moisissures ou encore des épis de fléole. Comme le marché des chevaux ne définit pas la qualité de la même façon que les éleveuses et éleveurs de ruminants, le surplus de foin qui lui est vendu ne vaut pas toujours le prix fort qui peut être obtenu pour du foin cultivé à des fins précises.

Les propriétaires de chevaux privilégient le foin exempt de poussière et de moisissures. Le foin moisit parce qu'il a été mal conservé, endommagé par la pluie ou mis en balles à un taux d'humidité trop élevé, ou parce qu'il a séché lentement dans l'andain dans des conditions très humides. Les chevaux sont très sensibles aux spores de moisissure, qui irritent leurs voies respiratoires et peuvent causer une toux passagère ou la maladie

obstructive respiratoire chronique, aussi appelée emphysème chronique. Cette maladie cause une toux et une respiration sifflante chroniques qui sont très graves et dommageables. Le foin moisi peut aussi causer des coliques, un trouble digestif qui peut être mortel pour les chevaux.

La couleur ne donne aucune information précise sur la valeur nutritive du foin. Par contre, le manque de couleur peut révéler des problèmes survenus au cours de la récolte et du stockage. Un vert intense montre que le foin n'a pas été mouillé par la pluie, a séché rapidement (ce qui signifie un plus haut taux de sucres) et n'a pas dégagé de chaleur ni moisit pendant le stockage. Une odeur sucrée rend le foin meilleur au goût pour les chevaux. Comme la couleur, les mauvaises odeurs révèlent souvent des problèmes liés à la récolte et au stockage – surtout la présence de moisissures. Les mauvaises herbes et les débris, comme le vieux chaume, réduisent la valeur du foin pour chevaux. Les mauvaises herbes présentes dans les pâturages et le foin sont extrêmement toxiques pour les chevaux.

Le foin souple est meilleur au goût pour les chevaux, qui utilisent leurs lèvres pour manipuler le foin et les végétaux du pâturage lorsqu'ils mangent, contrairement au bétail. Ils trient leur nourriture avec facilité et mangent les feuilles tout en laissant les grosses tiges. De plus, comme leur bouche, leurs lèvres et leur langue sont douces et sensibles, ils évitent les matières rugueuses.

Les désignations de qualité du foin établies par l'USDA ne conviennent pas au marché du foin pour chevaux. Bien qu'une belle couleur fasse grimper le foin au classement de l'USDA, le marché des chevaux préfère la présence d'épis de fléole, ce qui rend le foin seulement acceptable selon les critères de l'USDA. Ce classement ne reflète pas le prix fort que peuvent obtenir les productrices et producteurs de foin recherché pour les chevaux. La meilleure façon de répondre aux besoins du marché des chevaux consiste à demander aux propriétaires de chevaux ce qu'ils recherchent lorsqu'ils achètent du foin.

Marchés étrangers

Il y a une demande pour le foin pur de luzerne et de fléole.

La luzerne est utilisée comme source de protéines dans les rations du bétail. Les classes de foin de luzerne établies par l'USDA sont reconnues partout dans le monde. Les variétés génétiquement modifiées ne sont pas acceptées sur les marchés étrangers.

La fléole est utilisée comme source de fibres dans les rations du bétail. Les critères de l'USDA ne conviennent pas à l'évaluation du foin de fléole destiné à l'exportation, comme ils ne conviennent pas au marché des chevaux. La clientèle veut de longs épis de 10 cm (4 po), bien que cette caractéristique rende le foin seulement acceptable selon le classement de l'USDA et ne corresponde pas aux autres paramètres justifiant la vente à un prix fort. Par exemple, certains marchés accordent de l'importance au vert vif, alors que d'autres tolèrent une certaine décoloration, moyennant que les taux de glucides hydrosolubles respectent leurs exigences. La meilleure façon de répondre aux besoins des marchés étrangers consiste à demander à la clientèle ce qu'elle recherche lorsqu'elle achète du foin.

Références

1. GLUNK, P., K. OSLEN-RUTZ, M. KING, D. WICHMAN et C. JONES. *Nitrate Toxicity of Montana Forages*, Michigan State University Extension, 2015. [<http://animalrange.montana.edu/documents/extension/nittoxmt.pdf>].
2. GOUVERNEMENT DE LA SASKATCHEWAN (agriculture, ressources naturelles et industrie). *Nitrate Toxicity*, date inconnue. [www.saskatchewan.ca/business/agriculture-natural-resources-and-industry/agribusiness-farmers-and-ranchers/livestock/animal-health-and-welfare/nitrate-toxicity].
3. NEARY, M.K. *Mycotoxin Concerns in Sheep and Meat Goat Feeding* [Factsheet AS-597-W], Purdue University Cooperative Extension Service, West Lafayette, IN, U.S. 47907, 2009.

Autres sources

Ce chapitre contient des extraits des sources suivantes du MAAARO :

Effectuer un échantillonnage représentatif du fourrage, 2003. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/info_haysamp.htm].

Problèmes de fermentation de l'ensilage, 2010. [www.omafr.gov.on.ca/french/crops/field/forages/silage-ferm-prob.htm].

Explications des rapports d'analyse des aliments pour animaux [fiche technique 16-050], 2016.

« DON in corn silage », dans *Field Crop News* [En ligne], 2019. [fieldcropnews.com/2018/12/don-in-corn-silage].

Du foin pour les chevaux, 1999. [www.omafr.gov.on.ca/french/livestock/horses/facts/info_hay.htm].

« Les silos couloirs », dans *Milk Producer Magazine* [En ligne], Dairy Farmers of Ontario, 2000.

Les moisissures et les mycotoxines – les niveaux de mycotoxines et leur interprétation, 2016. [www.omafr.gov.on.ca/french/livestock/dairy/herd/food/mico4.htm].

Terminologie de la fabrication des aliments pour animaux et de la nutrition animale [fiche technique 08-040], 2008.

Annexes

Annexe A. Renseignements supplémentaires sur les fourrages et les pâturages

Centre d'information agricole

Service sans frais d'information technique et commerciale offert aux entreprises agricoles, agro-alimentaires et rurales de la province.

1, ch. Stone Ouest

Guelph (Ontario) N1G 4Y2

Tél. : 519 826-4047

Sans frais : 1 877 424-1300

ATS : 1 855 696-2811

Courriel : ag.info.omafra@ontario.ca

Annexe B. Ressources supplémentaires

- Publication 19F du MAAARO, *La culture des pâturages*, ontario.ca/cultures
- Centre de protection des cultures de l'Ontario, ontario.ca/protectiondescultures
- Publication 611F du MAAARO, *Manuel sur la fertilité du sol*, ontario.ca/cultures
- Publication 811F du MAAARO, *Guide agronomique des grandes cultures*, ontario.ca/cultures
- *Suite d'outils AgriSuite*, ontario.ca/agrisuite
- Blogue FieldCropNews.com, <https://fieldcropnews.com>
- Blogue *Dairy and Beef Cattle Production*, <https://dairyandbeef.wordpress.com>
- Blogue *Sheep & Goat Production*, sheepandgoatproduction.ca
- GoForages.ca, www.goforages.ca

