Fertilisation en lien avec la production, l'alimentation et la performance animale

Par : Jerry H. Cherney et Debbie J.R. Cherney, Université Cornell

Fertilité pour la production fourragère – Point de vue agronomique

De grandes parties de la superficie des terres dans la zone tempérée humide sont mieux adaptées aux productions fourragères qu'aux productions de grains (Cherney et Kallenbach, 2007). Les cultures fourragères prélèvent de grandes quantités de nutriments, affectant à la fois la productivité future du champ et l'équilibre minéral des animaux qui les consomment. De meilleures pratiques de fertilisation des cultures fourragères permettent d'optimiser les rendements et la qualité du fourrage de même que de minimiser les impacts sur l'environnement. The International Plant Nutrition Institute (IPNI) résume la fertilisation fourragère en quatre étapes : Appliquer la bonne source, à la bonne dose, au bon moment et au bon endroit. Les options principales de fertilisation sont la chaux, le fumier et les engrais N, P et K, avec application occasionnelle de micronutriments.

Chaux

La qualité de la chaux est très variable. Peu importe le matériel chaulant, la valeur neutralisante effective (VNE) est fonction de la valeur neutralisante totale (exprimé en équivalents de carbonate de calcium) multipliée par la finesse du produit. Toute la chaux passant à travers un tamis de 100 mailles par pouce linéaire va réagir dans la première année alors que seulement 60 % de la chaux qui passe à travers un tamis de 20 mailles par pouce linéaire réagira au cours de la première année d'application. La chaux broyée est la chaux la plus vendue dans l'état de New York. Une chaux qui a moins de 6% de Mg s'appelle « chaux calcique » alors qu'une chaux qui a plus de 6% de Mg s'appelle « chaux dolomitique ». Le choix du type de chaux est généralement basé sur la disponibilité et le prix. Dans l'état de New York, nous recommandons de mesurer le pH du sol au moins une fois tous les trois ans (Ketterings et coll., 2006). Les recommandations de chaux ne sont pas uniquement basées sur le pH actuel et souhaité, mais également sur la capacité du sol à tamponner les changements de pH et la profondeur du travail du sol. La majorité des sols de l'état de New York sont adéquats pour la production de graminées vivaces, cependant plusieurs sols ont un pH en dessous du pH souhaitable de 6,5 pour la production de luzerne.

Fumier

Dans le cas des fermes où on élève du bétail, le fumier peut fournir la majeure partie du P, du K, et des micronutriments nécessaires. L'azote présent dans le fumier est sous forme inorganique (ammonium) et organique. L'azote sous forme d'ammonium peut représenter jusqu'à 50% de l'azote total dans le fumier, mais une partie seulement ou la totalité de cet azote peut s'évaporer dans l'air lorsque le fumier est exposé sur le sol de l'étable ou du parc d'engraissement, lorsqu'il est entreposé, ou après l'épandage. De l'azote ammoniacal restant lors de l'application, 100% peut être préservé si l'application du fumier se fait par injection, ou une partie de l'ammonium peut être préservée dépendamment du délai d'incorporation après l'application. On considère que l'azote organique est libéré à un taux respectif de 35, 12 et 5 % lors des trois premières années qui suivent l'application, en supposant que la teneur en matière sèche (MS) du fumier est inférieur à 18% (Ketterings et coll., 2005). Les taux de libération de l'azote organique provenant du fumier varient selon la source (p. ex., vache vs. volaille) et la teneur en matière sèche du fumier.

Les graminées vivaces récoltées pour être entreposées et servies aux ruminants peuvent utiliser de grandes quantités de nutriments, ce qui augmente les options de gestion des éléments nutritifs et réduit les risques d'impacts négatifs sur l'environnement (Mikhailova et coll., 2003). Dans le nord de l'état de New York, nous avons étudié l'impact des doses d'épandage et du temps d'application de fumier semi-solide de bovins laitiers sur le rendement et la valeur nutritive du dactyle pelotonné (Cherney et coll., 2010a). Le fumier a été appliqué au printemps et après chacune des trois récoltes selon sept

combinaisons de traitements ne dépassant pas 44,8 Mg ha^{-1} par application au cours de la saison de croissance. Les rendements moyens en matière sèche pour des applications totales de fumier de 44,8, 67,2 et 89,6 Mg ha^{-1} au cours de la saison étaient respectivement de 7,02, 7,89 et 9,10 Mg ha^{-1}. Le temps d'application du fumier n'avait aucun effet significatif sur les rendements totaux en MS, même si une tendance pour des rendements inférieurs a été observée lorsque les applications n'avaient lieu qu'à l'automne. Le fumier appliqué à un doses saisonnière de 179,2 Mg ha^{-1} a permis d'obtenir des rendements supérieurs en MS comparativement à la fertilisation d'azote inorganique à partir de la deuxième année de l'étude. Ni la dose d'épandage, ni le temps d'application du fumier n'ont eu d'impact sur la valeur nutritive du fourrage.

Une autre étude a été effectuée dans le nord de l'état de New York dans le but de déterminer les effets de la source de fertilisant appliqué ainsi que du temps d'application sur les rendements et la qualité du dactyle pelotonné, de l'alpiste roseau et de la fétuque élevée (Cherney et coll., 2010b). Six traitements de fertilisant ont été appliqués pendant 4 années consécutives. Trois des traitements ont reçu 224 kg N ha^{-1} yr^{-1} sous forme de nitrate d'ammonium : 1) une seule application au printemps; 2) une application fractionnée au printemps (112 kg) et après la première coupe (112 kg); ou 3) une application fractionnée au printemps (112 kg), après la première (56 kg) et la deuxième (56 kg) coupes. Deux traitements ont reçu du fumier semi-solide de bovins laitiers (avec de la sciure comme litière) appliqué à 90 Mg ha^{-1} yr^{-1}: 4) application fractionnée du fumier au printemps (45 Mg ha^{-1}) et après la première coupe (45 Mg ha^{-1}), et 5) application fractionnée du fumier plus 56 kg engrais N ha^{-1} après chacune des deux coupes. Le 6e traitement n'a reçu ni fumier ni engrais azoté.

Suite aux applications annuelles de fumier, le P, la matière organique (MO), le pH et les nitrates ont tous augmenté dans le sol; en revanche, ils ont diminué (P, MO et pH) ou augmenté plus lentement (nitrates) lors des applications annuelles d'engrais azoté sous forme de nitrate d'ammonium. L'espèce de graminée n'a eu aucun effet sur le pH et les teneurs en MO et en P du sol. Alors que l'application de fumier a permis d'atteindre des teneurs élevées en P et K du sol, l'application de fumier et d'engrais azoté a causé une augmentation des quantités de P et K prélevées, et ce, en raison de rendements plus élevés. Le fumier combiné à l'engrais azoté a produit les meilleurs rendements en MS et en lait. Lors de la quatrième année, les parcelles recevant le fumier sans engrais azoté avaient des rendements en MS similaires à celles qui recevaient de l'engrais azoté. Les applications fractionnées (112 + 112 kg N ha^{-1}) d'engrais azoté ont causé une augmentation des rendements en MS comparativement à l'application printanière unique de 224 kg ha^{-1} yr^{-1}, et ce, sans affecter la récupération de l'azote ni la qualité du fourrage. Fractionner la 2e application de 112 kg N ha^{-1} entre la 2e et la 3e coupes (56 + 56 kg N ha^{-1}) n'a pas affecté les rendements ni la récupération de l'azote. Toutes les espèces de graminées ont eu une récupération d'azote similaire. La fétuque élevée était associée à des rendements en lait plus élevés et une distribution de rendement plus équilibrée que le dactyle pelotonné et l'alpiste roseau.

Du point de vue de l'efficacité de l'utilisation des nutriments, les champs de maïs et de graminées sont préférables pour l'épandage du fumier, mais l'épandage de fumier dans les champs de luzerne ou de mélange de graminées et de luzerne est parfois utile (Ketterings et coll., 2007). Lorsque le fumier est épandu dans un champ de luzerne établie, la combinaison d'une teneur en humidité élevée du sol et de l'utilisation d'équipements lourds peut entraîner un compactage sévère causant jusqu'à 100% de mortalité des plantes dans les zones compactées. Le dommage causé par le passage des roues peut être minimisé par la plantation de variétés tolérantes au trafic, par l'utilisation de petits tracteurs pour la coupe, le râtelage et la récolte, en limitant les déplacements dans les champs, en utilisant des équipements de récolte plus larges, en évitant les tracteurs à roues doubles, et en rentrant dans les champs le plus tôt possible après la coupe. L'azote du fumier réprime la fixation de l'azote chez la luzerne et favorise les graminées du champ. Les mélanges de graminées-luzerne avec une proportion plus élevée de graminées sont de meilleurs candidats pour l'épandage du fumier.

Azote

Les meilleures pratiques de gestion visant à réduire les impacts environnementaux impliquent généralement le diagnostic, l'application et la réduction des pertes de nutriments (Bruulsema, 2006). La culture précédente et les applications antérieures de fumier peuvent avoir un impact majeur sur la

disponibilité de l'azote. En période de coûts de production élevés et de fluctuation des prix du lait et de l'engrais, des méthodes sont développées afin de maximiser l'efficacité de l'azote appliqué.

Amélioration de l'efficacité de la source d'azote

Les engrais à libération lente sont habituellement à base d'urée (Bundick et coll., 2009). La libération d'azote peut être limitée par la température ou par l'humidité. Avec un produit à libération lente tel que *Nitroform*, une activité microbienne est nécessaire afin de libérer environ les 2/3 de l'azote. La libération de l'azote peut également être contrôlée en couvrant les granules d'engrais par un polymère ou du soufre. Les polymères permettent à davantage d'azote de diffuser à travers la membrane lors des températures chaudes. Les membranes de soufre doivent d'abord se décomposer, puis les microorganismes du sol doivent se décomposer afin de libérer l'azote. Bien que ces produits puissent réduire les pertes d'azote et les dommages causés aux semis par le sel, ils peuvent être considérablement plus chers.

Les inhibiteurs d'uréase tels qu'*Agrotain* empêchent la conversion de l'urée en ammoniac et peuvent être efficaces jusqu'à 14 jours. Ce délai permet à la pluie d'incorporer l'engrais azoté, minimisant ainsi les pertes par volatilisation. Les inhibiteurs de nitrification tels que *N-Serve* et *Guardian*, empêchent la conversion de l'ammonium en nitrate, ils ne fonctionnent donc qu'avec des engrais tels que l'urée, l'ammoniac anhydre ou le sulfate d'ammonium. La conversion est influencée par le pH du sol et la température, et elle peut s'échelonner sur 4 à 10 semaines. Ces inhibiteurs fonctionnent mieux dans les sols sableux (lessivage) ou dans les sols mal drainés (dénitrification). Les avantages économiques de ces engrais à libération lente sont spécifiques aux conditions météorologiques et à la gestion; ils exigent une meilleure gestion afin d'en récolter les bénéfices.

Fertilisation azotée des pâturages

Les pâturages de graminées pour les vaches laitières nécessitent une fertilisation azotée afin de maximiser les rendements et la qualité. Les vaches laitières excrètent environ 80 % de l'azote qu'elles consomment et cet azote est distribué de façon très inégale à travers le pâturage. Lors d'une saison complète, la zone où est localisée l'urine représente aussi peu que 20% de la superficie totale d'un pâturage. Des chercheurs néo-zélandais et australiens ont adapté des capteurs optiques afin de détecter les aires de pâturage riche en azote (Hills et coll., 2015). Un engrais liquide d'urée et de nitrate d'ammonium a été appliqué chez des fermes laitières commerciales en Tasmanie en utilisant la technologie du capteur optique Smart-N dans le but d'éviter l'application d'engrais dans les régions du pâturage déjà riches en azote. Les résultats indiquent que la technologie Smart-N a le potentiel de réduire les doses d'application d'engrais azoté de 30%, tout en maintenant les rendements.

Estimation des rendements des pâturages pour une fertilisation optimale

Les rendements actuels en biomasse des pâturages peuvent maintenant être rapidement déterminés, ce qui fournit de l'information pour les rotations des animaux et les besoins en fertilisation. Des chercheurs néo-zélandais ont développé le compteur C-Dax pour les pâturages, soit un regroupement de capteurs montés sur une palette qui est tirée à travers le pâturage (McLaren et Pembleton, 2015). La densité et la hauteur de la pâture sont évaluées plusieurs fois par seconde. Les variations de la biomasse du pâturage peuvent être cartographiées immédiatement avant le début de la saison de pâturage en utilisant un compteur C-Dax et une console GPS. L'étude démontre que les pâturages constitués de mélanges variés ont moins de fluctuations en biomasse que les pâturages de monoculture.

Potassium

Les fourrages prélèvent de grandes quantités de nutriments, ce qui requiert une évaluation régulière des teneurs en P, en K, et possiblement aussi en quelques micronutriments du sol. Alors que plusieurs plantes fourragères ont des besoins élevés en K, les animaux développent des problèmes importants lorsqu'ils ont un excès de K. La plupart des sols ont une abondance de K, mais seulement une petite quantité du K total est disponible pour l'absorption végétale à un moment précis (Cherney et coll., 1998). Le potassium, présent dans les engrais commerciaux et dans les sources organiques comme le fumier, est très soluble et donc facilement prélevé par les plantes. Près de 95% de l'engrais potassique utilisé en

Amérique du Nord est du chlorure de potassium. Les fourrages de graminées ont une consommation de luxe en K, dépendamment de sa disponibilité dans le sol, et la teneur en K des plantes varie à travers le couvert végétal (Cherney et coll., 2004). Les graminées sont aussi plus efficaces, grâce à leur système racinaire fasciculé, à prélever le K du sol que la luzerne, ce qui accroit les chances d'observer une carence en K dans la luzerne cultivée en mélange.

Soufre

Le soufre est un nutriment essentiel en production végétale. Des études antérieures réalisées dans le nord-est des États-Unis ont déterminé que les besoins des cultures en S étaient comblés par le S présent dans la matière organique du sol et par les dépôts de S atmosphériques. Toutefois, les dépôts atmosphériques de S provenant des centrales électriques ont beaucoup diminués et plusieurs engrais et pesticides sont désormais fabriqués sans S. Ces facteurs ont possiblement engendré une carence en S dans la région du nord-est des États-Unis, surtout chez la luzerne. D'autre part, l'application des boues d'épuration sur les terres agricoles peut entraîner un excès de S et d'autres oligoéléments (McBride et Cherney, 2004). En moyenne dans l'état de New York, la luzerne prélève environ 300, 25, 200, 100, 25 et 20 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca, Mg et S par année. L'analyse du soufre contenu dans les tissus et le sol ont été efficaces pour prédire les augmentations de rendement de luzerne suite à une fertilisation de S (Ketterings et coll., 2011). Les données de l'état de New York indiquent une teneur critique en S de 0,25% pour les échantillons de luzerne pris à la 3e coupe. Les analyses de sol effectuées lors de la première coupe suggèrent un niveau critique en S de 8 ppm (profondeur de 0-20 cm). Les teneurs en S du sol des champs de luzerne ne recevant pas de fumure devraient être surveillées au fil du temps puisque la concentration en S dans le sol peut rapidement s'épuiser sous la luzerne.

Fertilité pour la production fourragère – Point de vue des animaux

Tu es ce que tu manges. Cela est aussi vrai pour une vache que pour nous. Nous avons illustré combien il est important, d'un point de vue agronomique, de fertiliser les plantes correctement. Maintenant, nous allons discuter des effets de la fertilisation sur l'animal. Les bovins reçoivent leurs nutriments de quatre sources : les fourrages produit à la ferme, les aliments importés, la litière et l'eau. La litière et l'eau contribuent peu aux besoins en nutriments. Parce que de plus en plus de producteurs cherchent à minimiser l'impact environnemental de leur production et à produire ainsi de façon plus durable, la fertilisation des fourrages produits à la ferme devient de plus en plus importante.

Azote

Un outil de gestion clé pour le système de production des vaches laitières a été l'utilisation des engrais azotés. La réaction des graminées à l'engrais azoté est considérable, en supposant que les autres nutriments et l'approvisionnement en eau soient relativement non-restrictifs. Pour les vaches laitières en lactation, l'efficacité moyenne de l'utilisation de l'azote alimentaire pour la production de lait (N dans le lait/N dans l'alimentation × 100) était de 28,4% (écart-type = 3,9) pour 454 producteurs de la région de « *Chesapeake Bay Drainage Basin* » (Jonker et coll., 2002). Équilibrer les rations alimentaires pour une quantité de protéine adéquate dans la diète peut aussi avoir un impact considérable. Les vaches n'ont pas besoin de consommer un fourrage qui contient plus de 200 g N kg^{-1} MS (20%). Toute concentration supérieure à cette teneur s'accumule dans les plantes fourragères sous forme de protéines solubles. À moins d'avoir un rapport protéines / énergie équilibré dans la ration, cet azote excédentaire se retrouvera sous forme d'ammonium puis d'urée, ce qui augmente les problèmes environnementaux et réduit l'efficacité moyenne.

Phosphore

Le phosphore est essentiel pour les plantes et les animaux afin d'emmagasiner et de transformer l'énergie, cependant il est aussi essentiel pour plusieurs autres fonctions chez la vache, incluant le

maintien de la solidité des os (80% du P se trouve dans les os), du pH du rumen, des microbes du rumen et aussi comme composante de la paroi cellulaire (Ferris et Harrison, 2014). Les vaches laitières en lactation ont besoin d'une grande quantité de P dans leurs diètes, car elles sécrètent des quantités importantes de P dans le lait. Le développement du fœtus dans le troisième trimestre de gestation aura aussi besoin de P. Le phosphore est particulièrement important pour la fertilité et la reproduction des bovins laitiers. Comme résultat, le P a souvent été suppléé au-delà des besoins. Ces excès peuvent entraîner des problèmes environnementaux graves. Cependant, apporter moins de P dans l'alimentation des vaches ne serait pas acceptable si leurs performance, santé, fertilité et bien-être sont compromis (Ferris et Harrison, 2014). Nous suggérons que le P soit rajouté au fourrage pour un effet agronomique maximum (incluant l'environnement) et par la suite le P dans la diète peut être ajusté selon les meilleures connaissances scientifiques sur les besoins alimentaires en utilisant des aliments exportés et des additifs alimentaires.

Potassium

Une carence en potassium n'est généralement pas un problème sur les fermes laitières. La potasse est appliquée sur les champs de légumineuses en fonction des analyses de sol. Pour les graminées, le problème est de trouver des plantes dont la teneur en K est suffisamment faible pour nourrir les vaches en transition (2-3 semaines avant le vêlage et la période post-vêlage). Plusieurs fermes utilisent les champs qui ne contiennent pas de légumineuses pour épandre leur fumier. Cette pratique se traduit souvent par des concentrations très élevées en K dans le sol, surtout près de la grange. Pour compliquer le problème, les plantes font une consommation de luxe de K, ce qui signifie qu'elles en consomment plus que leur besoin (Cherney et Cherney, 2005).

Les engrais K et N peuvent influencer de façon importante les concentrations de Ca et Mg dans les graminées, ce qui affecte la différence alimentaire cations anions (DACA). La DACA, calculée comme DACA = meq (Na + K) - (Cl + S), affecte le statut acido-basique du sang de façon directe et prévisible. Outre l'utilisation de fourrage à faible concentration en K, une alimentation avec une DACA négative est l'un des meilleurs outils dont nous disposons pour prévenir l'hypocalcémie ou la fièvre de lait (Tremblay et coll., 2008). Aux États-Unis, l'incidence de fièvre de lait est observée chez environ 5% des vaches laitières. Ces vaches produisent beaucoup moins de lait pendant la lactation subséquente et leur vie productive est réduite d'environ 3,4 ans comparativement aux vaches qui ne sont pas affectées par des fièvres de lait (Block, 2011).

Soufre

Les acides aminés soufrés sont une composante essentielle mais petite de certaines protéines. Le ratio de S:N dans les produits animaux varie entre 0,055 à 0,068, alors les besoins en N et S sont étroitement corrélés. De plus, le S est depuis longtemps reconnu comme un élément essentiel pour les microbes du rumen. Ces microbes fournissent aux ruminants certains acides aminés tels la cystéine, la cystine et la méthionine ainsi que des vitamines telles la thiamine et la biotine (Kazemi-Bonchenari et coll., 2014). Le soufre ou les acides aminés ou les vitamines doivent être apportés dans la diète. Tel que mentionné ci-dessus, l'amélioration des conditions environnementales peut nécessiter une gestion plus serrée du soufre et des oligo-éléments dans le fourrage (Ketterings et coll., 2011). Ceci est particulièrement important pour les animaux qui reçoivent la majeure partie de leur alimentation du pâturage.

L'alimentation de ruminants doit contenir de 1,0 à 3,0 g S kg^{-1} MS (Buxton et coll., 1996). La teneur critique en soufre des régimes alimentaires des ruminants, afin d'éviter des effets négatifs sur l'ingestion et la digestibilité du fourrage, est de 1,8 g S kg^{-1} MS (Minsen, 1990). Des concentrations supérieures à 3,5 g S kg^{-1} MS dans l'alimentation ont été associées à une prise alimentaire plus faible et, par conséquent, à une chute de la production en lait (Tisdale, 1977). Tout comme le K, le S joue un rôle important dans le calcul de la DACA et il est largement utilisé pour contrôler la DACA des aliments servis aux vaches en fin de gestation (Goff et Horst, 1998).

Sommaire

Erreurs de fertilisation communes :

1. Mauvaise profondeur d'échantillonnage de sol. Profondeur du labour pour les champs cultivés; profondeur de 3 à 4 pouces pour les pâturages permanents; et deux profondeurs pour les champs non labourés : échantillons à 1-2 et 1-6 pouces.
2. Ne pas appliquer de chaux au moins six mois avant un semis de luzerne.
3. Appliquer de l'urée non protégée au mauvais moment.
4. Ne pas calculer le crédit d'azote provenant des plantes fourrages pérennes pour la culture suivante.
5. La suralimentation en azote des bovins laitiers.
6. Ne pas contrôler le DACA en fin de lactation.

Avec des sources protégées d'engrais azoté et la possibilité d'utiliser la technologie de capteurs optiques pour l'épandage d'azote sur les cultures fourragères, les meilleures pratiques de gestion seront en mesure de minimiser les impacts sur l'environnement. Cependant, l'avenir de la recherche sur les plantes fourragères est en péril étant donné le déclin rapide du nombre de chercheurs dans ce domaine; déclin principalement attribuable au fait que les cultures fourragères sont généralement consommées à la ferme et non commercialisées, de même qu'au manque de soutien politique (Cherney, 2015).

Références

Block, E. 2011. Revisiting negative dietary cation-anion difference balancing for prepartum cows and its impact on hypocalcaemia and performance. http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2011/5block.pdf.

Bundick, H., T. Bruulsema, M. Hunter, J. Lawrence, K. Czymmek et Q.M. Ketterings. 2009. Enhanced-efficiency nitrogen sources. Agronomy Fact Sheet #45. http://nmsp.cals.cornell.edu.

Bruulsema, T. 2006. Best management practices for fertilizer use on dairy farms. Better Crops 90 (2): 10-11.

Buxton, D.R., D.R. Mertens et D.S. Fisher. 1996. Forage quality and ruminant nutrition. *In* (L.E. Moser, D.R. Buzton, and M.D. Casler, ed.) Cool-season forage grasses. Agronomy Series No. 34. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.

Cherney, J.H. 2015. Forage crop systems: challenges, opportunities, and technology transfer. Proc. 17th Australian Society of Agronomy Conf., 20-24 Sept., 2015, Hobart, Australia. http://www.agronomy2015.com.au/papers/plenary-cherney.pdf

Cherney, J.H., et D.J.R. Cherney. 2005. Agronomic response of cool-season grasses to low intensity harvest management and low potassium fertility. Agron. J. 97:1216-1221.

Cherney, J.H., D.J.R. Cherney et T.W. Bruulesma. 1998. Chap. 6. Potassium management. *In* (J.H Cherney et D.J.R. Cherney, ed.) Grass for dairy cattle. CAB Intl.

Cherney, J.H., et R.L. Kallenbach. 2007. Chap. 18. Forage systems in the temperate humid zone. Pages 277-290. *In* (R.F. Barnes et al., ed.) Forages: Vol. 2. The science of grassland agriculture. 6th ed., Blackwell Publishing.

Cherney, J.H., Q.M. Ketterings, M.H. Davis et D.J.R. Cherney. 2010a. Timing of semi-solid dairy manure applications does not affect yield and quality of orchardgrass. Agron. J. 102:537-543.

Cherney, J.H., Q.M. Ketterings, M.H. Davis et D.J.R. Cherney. 2010b. Split Application of nitrogen vs. dairy manure on temperate perennial grasses. Online. Forage and Grazinglands doi:10.1094/FG-2010-0215-01-RS.

Cherney, J.H., Q.M. Ketterings et J.L. Orloski. 2004. Plant and soil elemental status as influenced by multi-year nitrogen and potassium fertilization. J. Plant Nutr. 27: 991–1014.

Ferris, C.P. (presented by J. Harrison). 2014. WCDS Advances in Dairy Technology. 26:209-220.

Goff, J.P., et R.L. Horst. 1998. Use of hydrochloric acid as a source of anions for prevention of milk fever. J. Dairy Sci. 81: 2874-2880.

Hills, J., D. McLaren, K. Christie, R. Rawnsley et S. Taylor. 2015. Use of optical sensor technology to reduce nitrogen fertiliser inputs on dairy farms. ADSS meeting, Australia.

Jonker, J.S., R.A. Kohn et J. High. 2002. Dairy herd management practices that impact nitrogen utilization efficiency. J. Dairy Sci. 85:1218-1226.

Kazemi-Bonchenari, M., E. Manidari, H. Amanlou, V. Keshavarz et M. Taghinejad-roudbandeh. 2014. Effects of level and source of sulfur in close-up diets of Holstein dairy cows on intake, blood metabolites, liver enzymes and lactation performance. J. Anim. Sci. Adv., 4(6): 875-872. doi:10.5455/jasa.20140609082923.

Ketterings, Q.M., G. Albrecht, K. Czymmek et S. Bossard. 2005. Nitrogen credits from manure. Agronomy Fact Sheet #4. http://nmsp.cals.cornell.edu.

Ketterings, Q.M., E. Frenay, J.H. Cherney, K. Czymmek, S.D. Klausner, L.E. Chase et Y. Schukken. 2007. Application of manure to established stands of alfalfa and alfalfa-grass. Online. Forage and Grazinglands doi:10.1094/FG-2007-0418-01-RV.

Ketterings, Q.M., G. Godwin, S. Gami, K. Dietzel, J. Lawrence, P. Barney, T. Kilcer, M. Stanyard, C. Albers, J.H. Cherney, D. Cherney et K.J. Czymmek. 2011. Soil and tissue testing for sulfur management of alfalfa in New York State. Online. Soil Sci. Soc. of America doi:10.2136/sssaj.2010.0437.

Ketterings, Q.M., K. Stockin, J. Beckman et J. Miller. 2006. Lime Recommendations for field crops. Agronomy Fact Sheet #6. http://nmsp.cals.cornell.edu.

McBride, M.B., et J. H. Cherney. 2004. Molybdenum, sulfur and other trace elements in farm soils and forages after sewage sludge application. Comm. Soil Sci. Plant Analy. 35(3-4): 517-535.

McLaren, D.K., et K.G. Pembleton. 2015. Comparing within paddock yield variability of perennial ryegrass monocultures and perennial ryegrass, white clover, and plantain mixtures using yield mapping. Proc. 17th Australian Society of Agronomy Conf., 20-24 Sept., 2015, Hobart, Australia. http://www.agronomy2015.com.au/papers/agronomy2015final00239.pdf

Mikhailova, E.A., J.H. Cherney et D.J.R. Cherney. 2003. Impact of phosphorus from dairy manure and commercial fertilizer on perennial grass forage production. J. Agron. and Crop Sci. 189:367-375.

Minsen, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. 483 pp. Academic Press, Inc. New York.

Tisdale, 1977. Sulfur in forage quality and ruminant nutrition. Technical Bulletin Number 22. The Sulfur Institute. Reprinted 2002. International Fertiliser Society Conference: 'Sulphur Fertilisers: Demand, Production and Use.' Cambridge UK, 15-17 December 2002.

Tremblay, G., G. Bélanger, S. Pelletier, É. Charbonneau, M. Oba, D. Pellerin et G. Allard. 2008. Fourrages pour vaches en période de transition / Forages for cows in the transition period. Bulletin technique, AAFC No. 10657F, ISBN 978-0-662-04247-1. Agriculture et Agroalimentaire Canada (éditeur), 8 pages. En ligne, http://www.agrireseau.qc.ca/bovinslaitiers/documents/Fourrage-faible-DACA.pdf

Fertilisation fourragère

Facteurs agronomiques

- Économique vs. Environnementale
- Engrais « fait-maison » - Fumier
- Azote sur les graminées pures
- S et K sur la luzerne

J.H Cherney et D.J.R. Cherney
Université Cornell, Ithaca, NY

Perspective de la société :

La société souhaite que les fermiers adhèrent aux pratiques durables, mais ne veut pas en assumer le prix.

Perspective du fermier :

Habituellement, les fermiers sont des environnementalistes. Cependant, ils ont aussi des familles à nourrir.

« Il est difficile de penser vert quand vous êtes dans le rouge. »

Règlements sur la gestion nutritive

International Plant Nutrition Institute

- **Appliquer la bonne source.**
- **Utiliser le bon taux.**
- **Fertiliser au bon moment.**
- **Fertiliser au bon endroit.**

Fumier laitier

Choix du moment pour épandre le fumier sur le dactyle

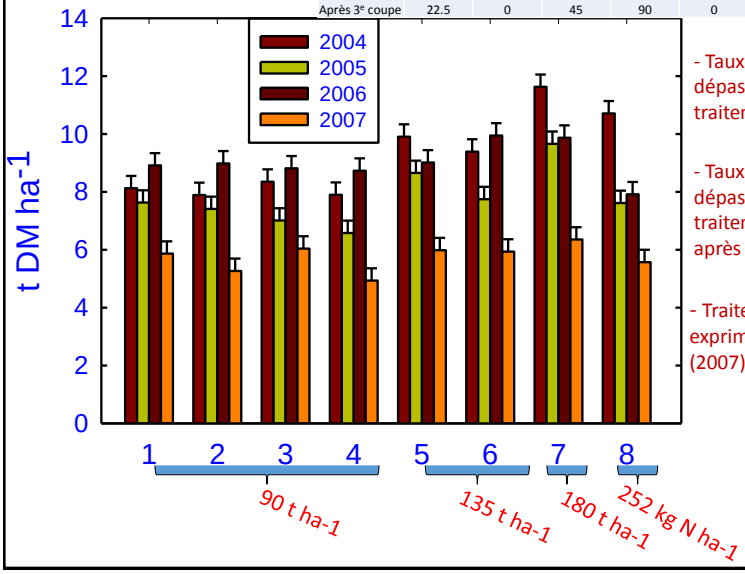
0 à 180 Mg/ha de fumier frais
Maximum de 45 **t/ha/application**

Épandage au printemps, après les 1ere, 2e et 3e coupes
Fumier semi-solide avec litière de sciure.

Épandage de surface pendant 5 saisons

L'an 1 n'apparaît pas

	Traitements de fumier (fumier humide)							
Application	1	2	3	4	5	6	7	N fert.
Printemps	22.5	45	0	0	45	0	45	112
Après 1ère coupe	22.5	45	0	0	45	0	45	84
Après 2e coupe	22.5	0	45	0	45	45	45	56
Après 3e coupe	22.5	0	45	90	0	90	45	0

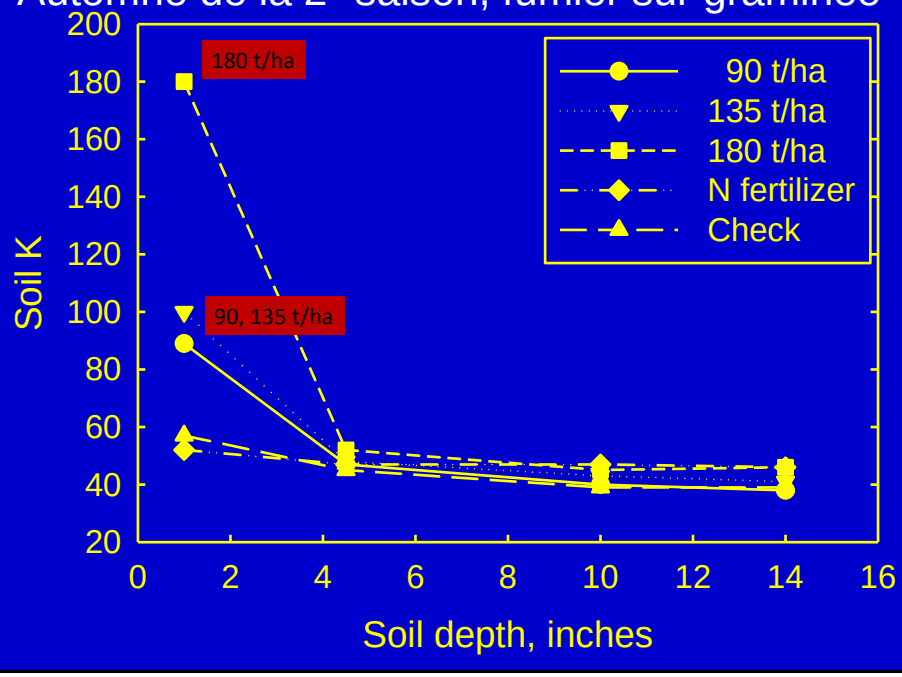


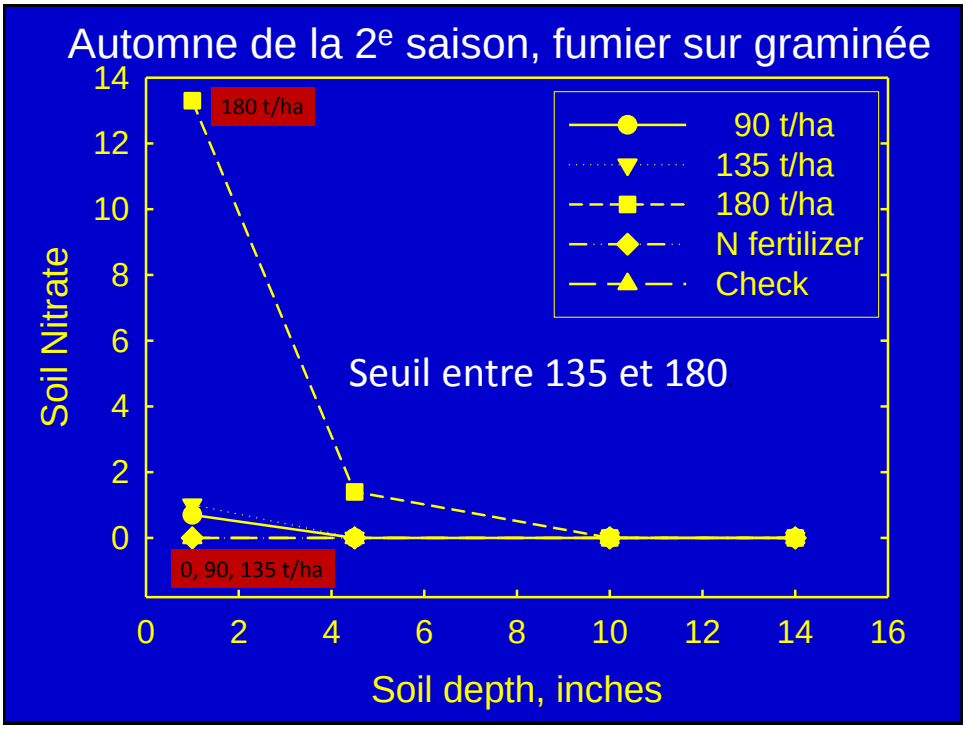
- Taux élevé de fumier dépassait les rendements du traitement avec engrais N (#8)

- Taux modéré de fumier dépassait les rendements du traitement avec engrais N après 2 ans.

- Traitements ne se sont pas exprimés en *années critiques* (2007).

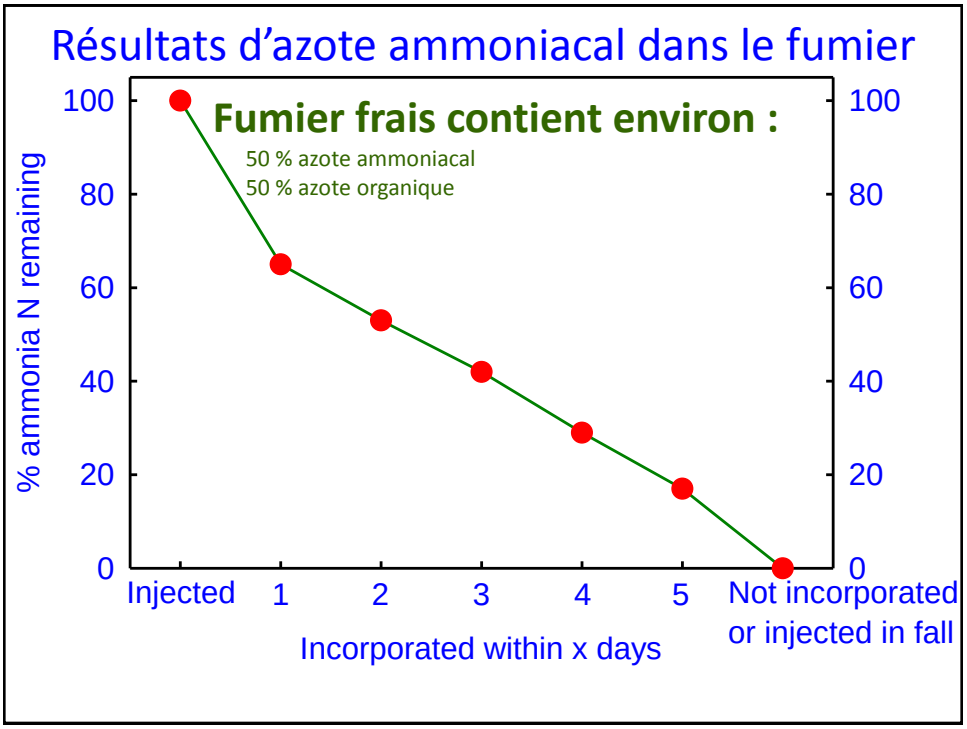
Automne de la 2e saison, fumier sur graminée





Épandage du fumier en surface

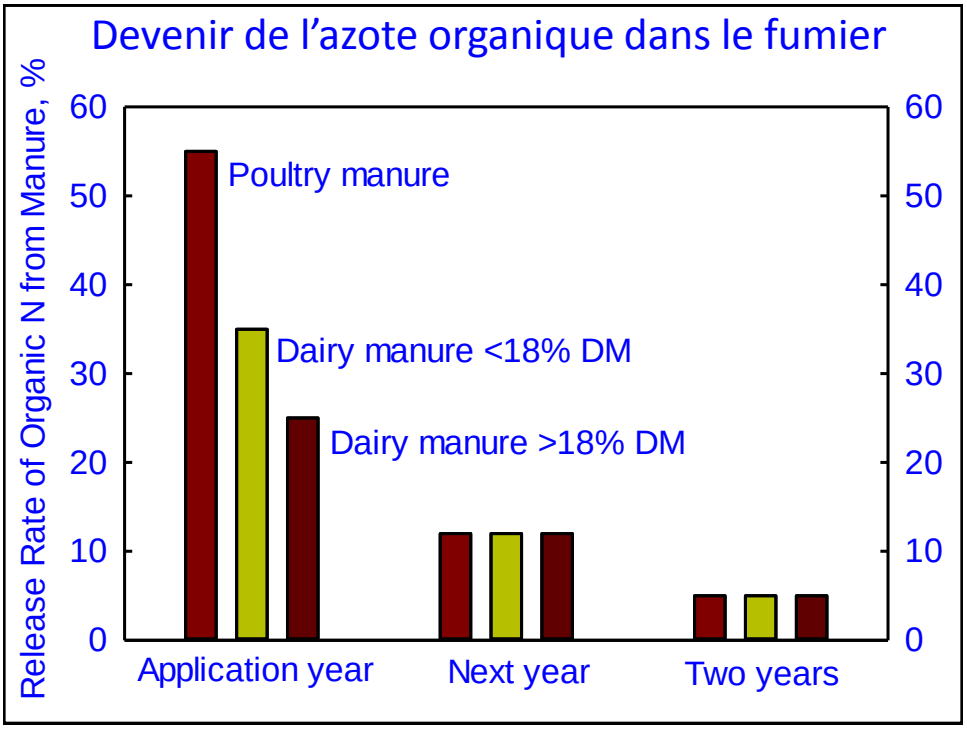
- Là où les nutriments sont nécessaires
- Utiliser des taux bas à modérés
- Immédiatement après la récolte
- Champs de graminées plus vieux/hauts
- Limiter aux sols fermes, si possible



Méthodes d'épandage améliorées (par gravité, injection, etc.)

- Réduction des pertes d'ammoniaque
- Épandage plus uniforme
- Moins de contamination
- Moins d'odeur
- Moins de ruissellement

Peut réduire les rendements sur les sites hautement fertilisés.



Le fumier est une bonne source de nutriments pour la luzerne : P, K, S, B

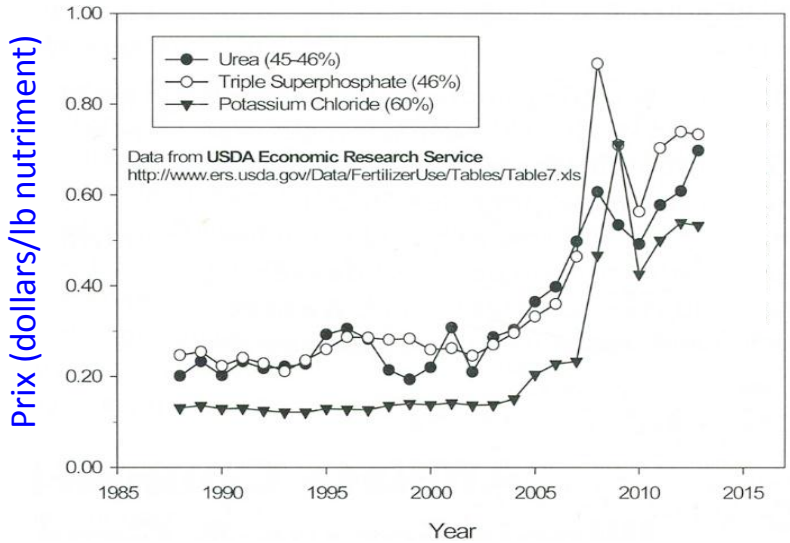
- Plusieurs opportunités d'épandage
- Plus de superficie pour l'épandage
- Absorbe l'excès de nitrates du sol
- Possibilité d'augmentation du rendement
- Avantage significatif de la luzerne vs le fumier utilisé préalablement sur le maïs.

Points négatifs du fumier sur la luzerne

- Possibilité de dommages au champ (dommage de brûlures ou de circulation)
- Aucune valeur économique de l'azote
- Ruissellement de nutriments, automne/hiver
- Pathogènes
- Augmentation des mauvaises herbes

Engrais azoté commercial

Le coût des engrais a doublé depuis 10 ans

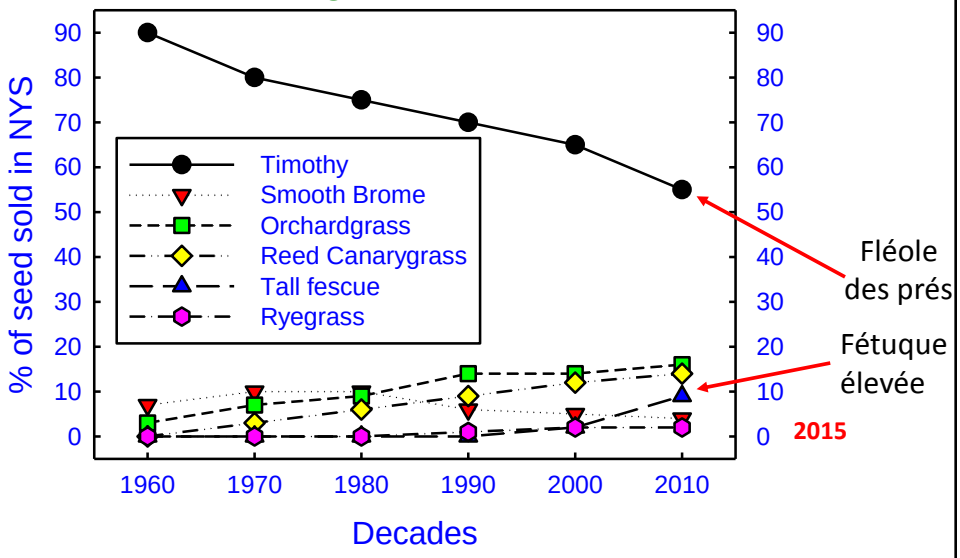


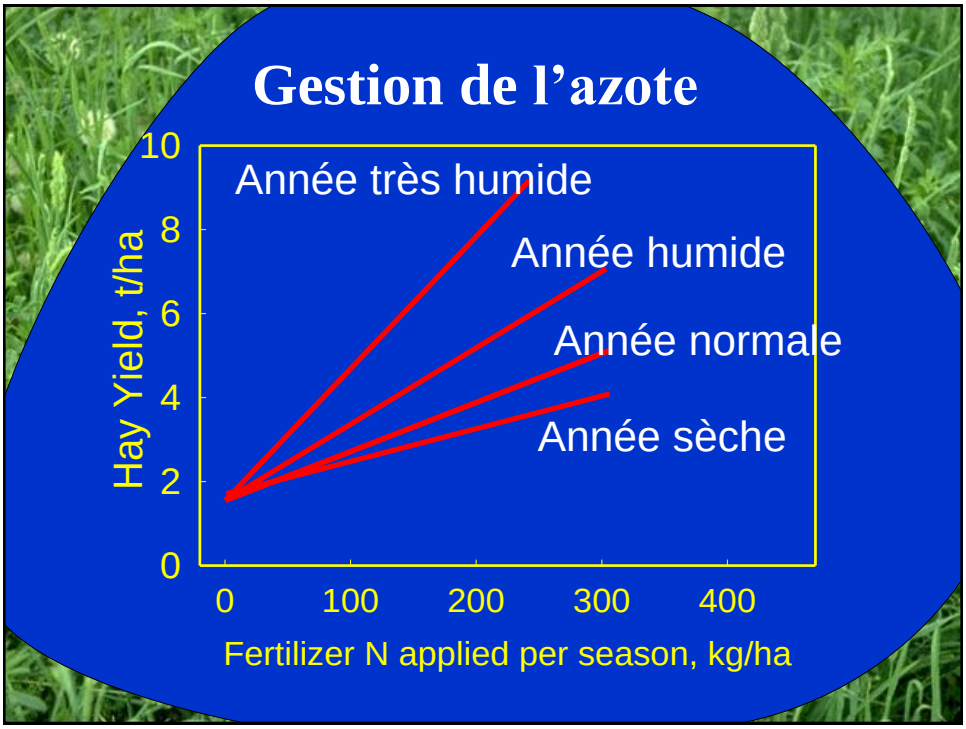
Tendances des prix pour l'engrais à base d'urée, de superphosphate triple (TSP) et de chlorure de potassium.

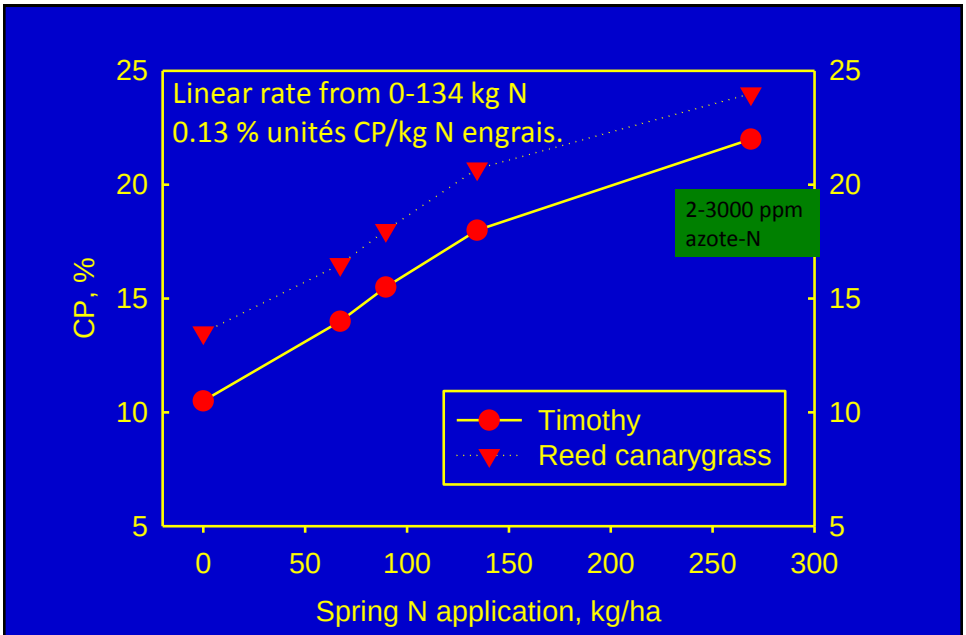
Azote sur les graminées pures

Quelles graminées utilisons-nous?

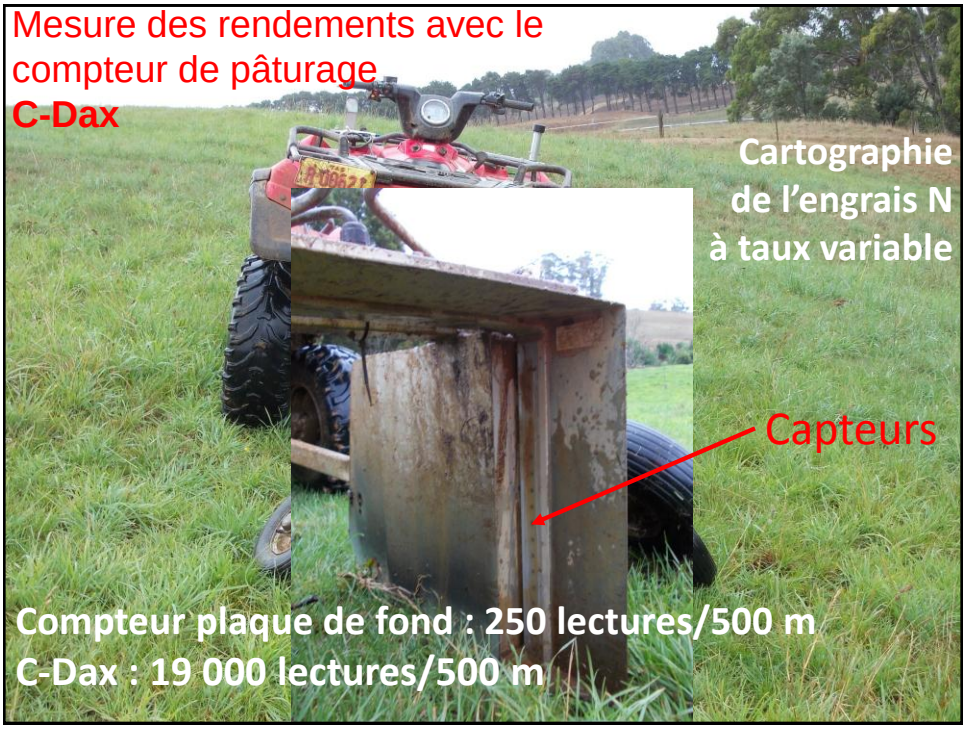
Semences de graminées vendues à NY







L'alpiste roseau est plus riche en PB de 2,5 unités de %
(Moyenne de 3 sites, 3 ans, 4 réps)



Taux d'application variable avec détecteur :
Chaque buse de pulvérisation a un détecteur NDVI.

Azote liquide appliqué aux pâturages

Taux variable de N sur les pâturages

Centre de recherche laitier de l'Institut agricole de la Tasmanie

Rendements des cultures fourragères similaires avec 20 % de moins d'engrais azoté.

Problèmes du soufre

Prélèvement du soufre avec de la luzerne

Prélèvement de nutriments par la culture :

Nutriment	%*	Rendement de foin de luzerne (t DM/ha)		
		3	**6**	**12**
N	3,40	102	204	408
P	0,27	8	16	33
K	2,34	70	141	281
Ca	1,51	45	91	182
Mg	0,31	9	19	38
S	0,27	8	16	33

*Pourcentages provenant du *DairyOne Forage Library (foin de légume hay)* – 2014-11-11

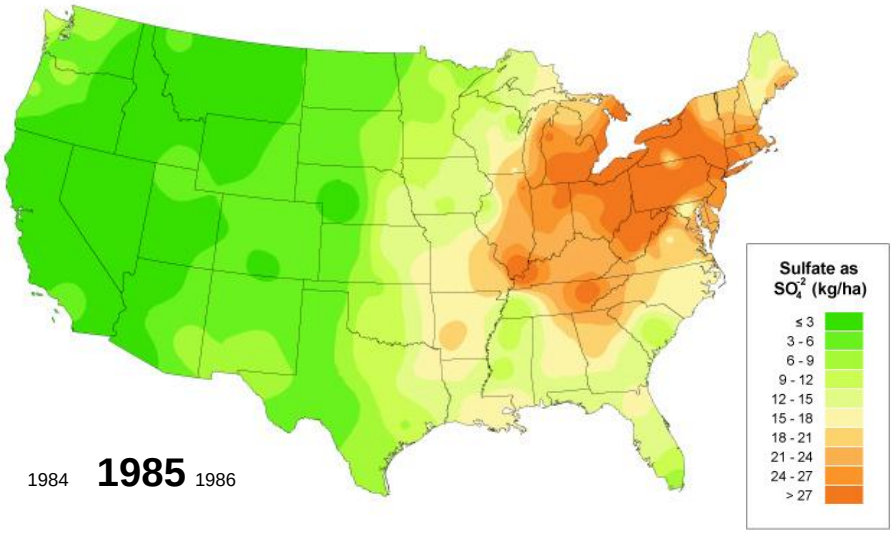
Carence en soufre

Les dépôts moyens totaux de S à NY sont maintenant moins que 9 lbs S/acre

+S ↓ +S ↓

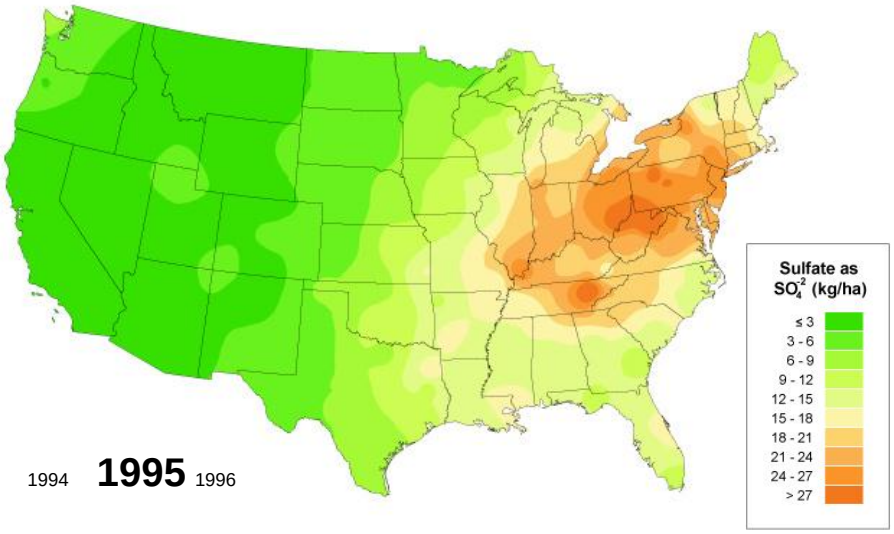
La carence en soufre peut mener à des rendements de récolte inférieurs, une déficience en protéines brutes, une réduction de la production laitière et une baisse globale dans la qualité de l'alimentation.

Dépôts humides d'ions - sulfate 1985-2008



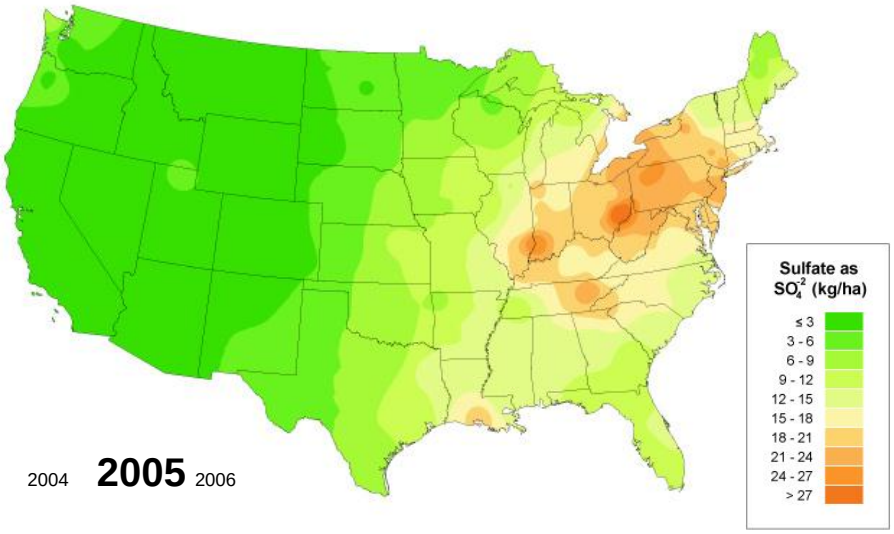
1984 **1985** 1986

Dépôts humides d'ions - sulfate 1985-2008



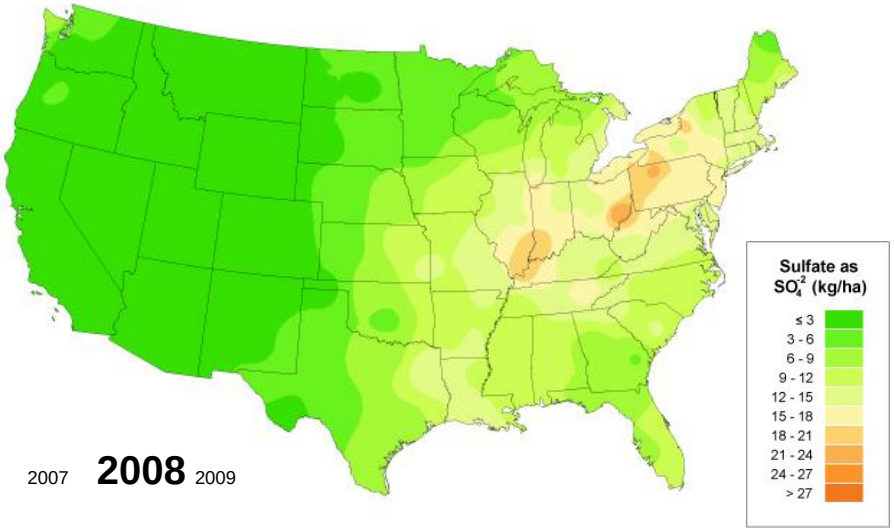
1994 **1995** 1996

Dépôts humides d'ions - sulfate 1985-2008

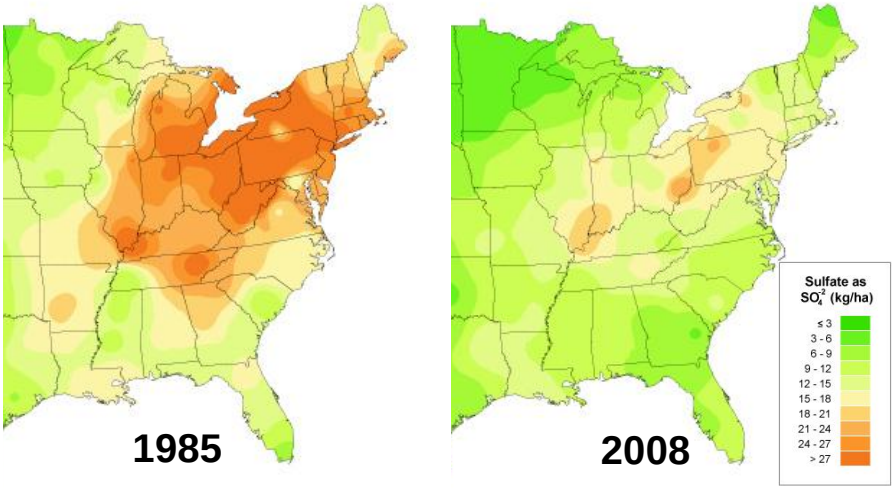


2004 **2005** 2006

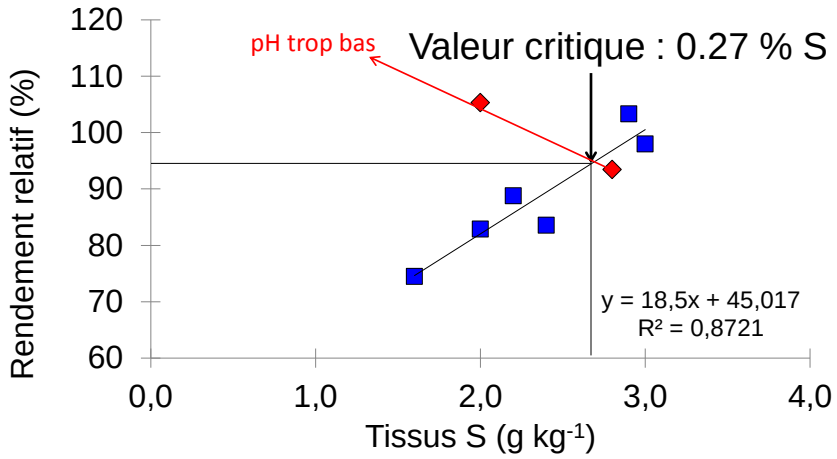
Dépôts humides d'ions - sulfate 1985-2008



Dépôts humides d'ions- sulfate 1985-2008

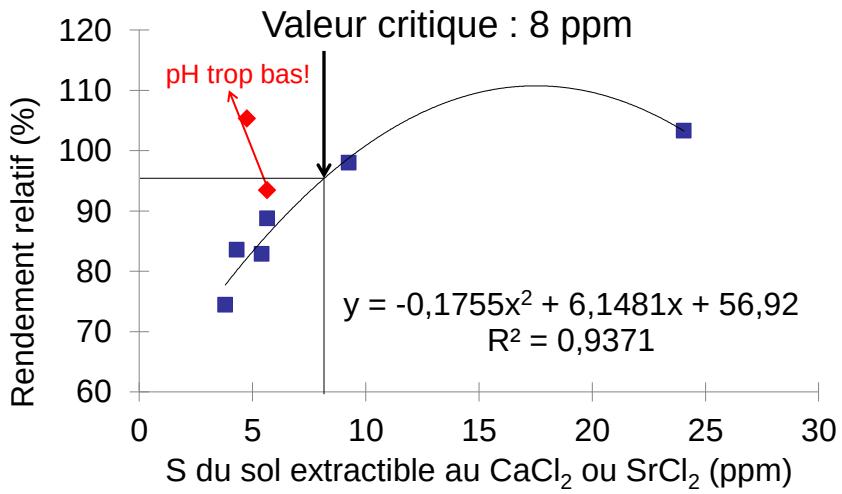


Soufre : test de tissus

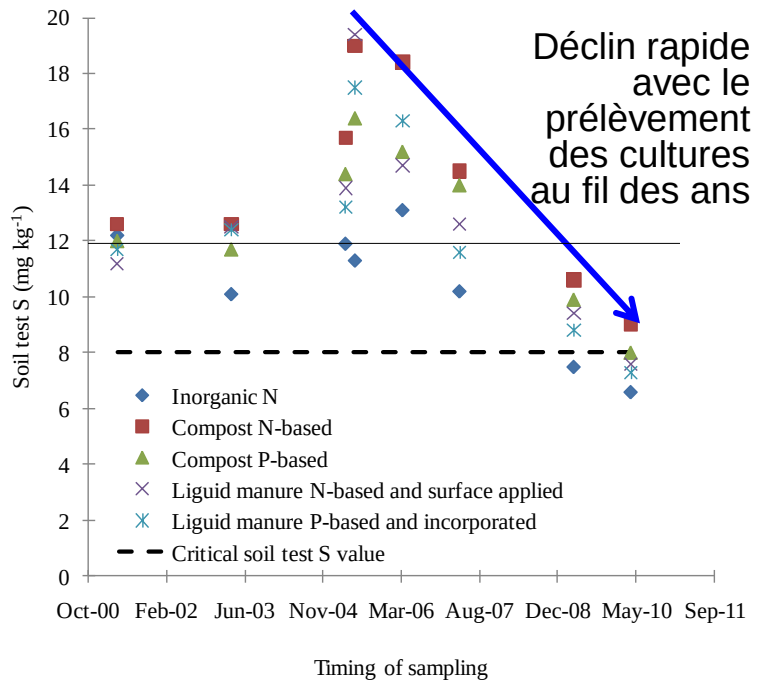


Ketterings et coll., 2011

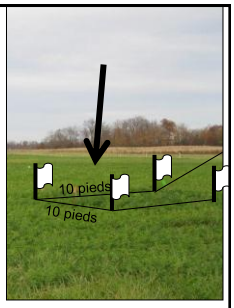
Soufre : test du sol



Ketterings et coll., 2011



Gestion du soufre sommaire



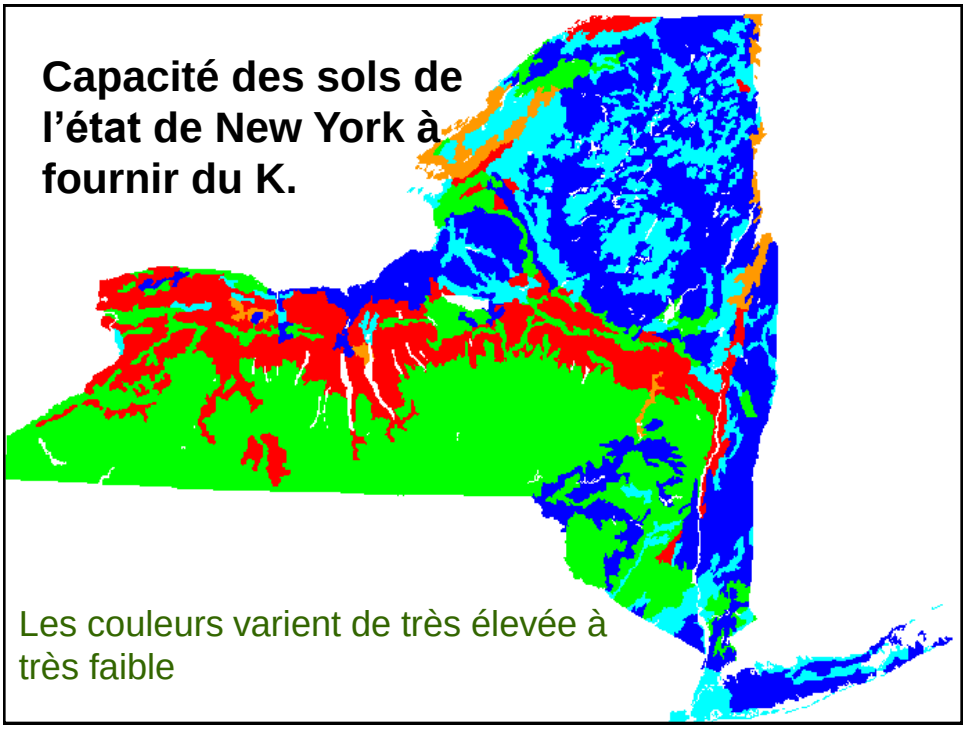
Fumier récemment appliqué?

- Si oui, pas besoin de soufre

Autres champs :

- Évaluation des tissus (6” du haut, début floraison, 2e/3e coupes) :
  - Si <0,25 %, ajout de soufre (22-34 kg S/ha)
- Évaluation du sol (profondeur 0-8”, 1re coupe) :
  - Si < 8 ppm test du sol Cornell S, ajout de S
  - Mehlich ou Morgan ne sont pas fiables pour S
- Expérience :
  - Appliquez ½ lbs gypse (39 kg S/ha) à une région de 10x10 pi² après la 1re coupe
  - Vérifiez les résultats avant la 2e coupe

Problèmes K


Capacité des sols de l'état de New York à fournir du K.
Les couleurs varient de très élevée à très faible

Carence en potassium
Les plantes qui souffrent d'une carence en potassium sont plus susceptibles d'être endommagées par l'hiver.

Prélèvement du potassium par la luzerne

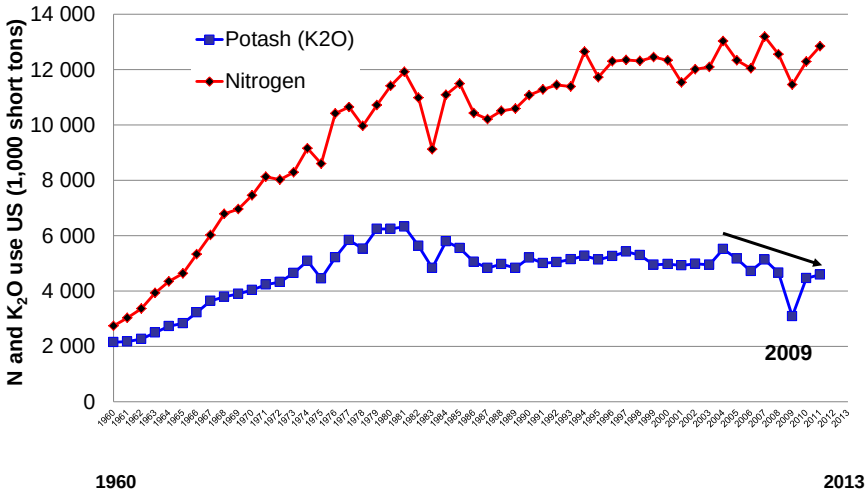
Prélèvement des nutriments par la culture :

Nutriment	%*	Rendement du foin de luzerne (t DM/ha)		
		3	**6**	**12**
N	3,40	102	204	408
P	0,27	8	16	33
K	2,34	70	141	281
Ca	1,51	45	91	182
Mg	0,31	9	19	38
S	0,27	8	16	33

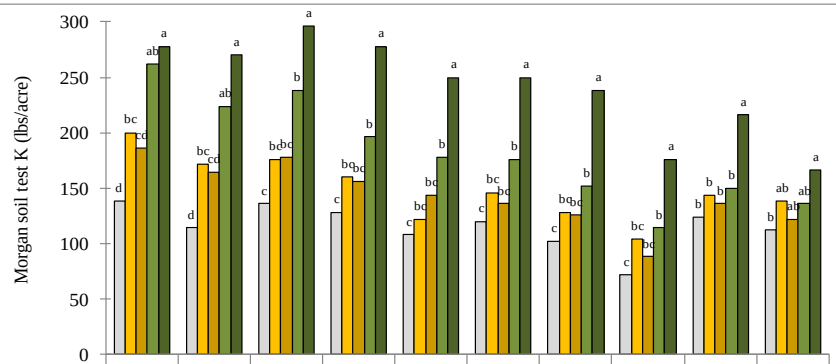
8x

*Percentages from DairyOne Forage Library (foin de légumineuse) – 11-11-2014

Utilisation du chlorure de potassium aux États-Unis

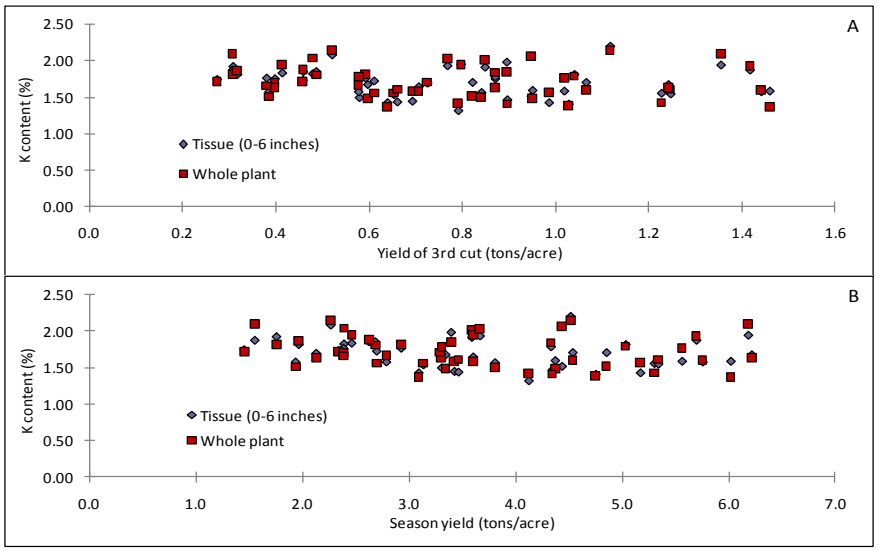


Le K du sol diminue avec la luzerne

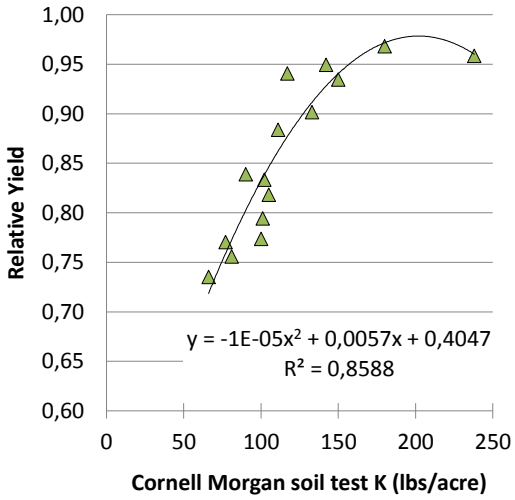


	2006 Spring	2006 Fall	2007 Spring	2007 Fall	2008 Spring	2008 Fall	2009 Spring	2009 Fall	2010 Spring	2010 Fall
Inorganic N	138	114	136	128	108	120	102	72	124	112
Manure P	200	172	176	160	122	146	128	104	144	138
Compost P	186	164	178	156	144	136	126	88	136	122
Compost N	262	224	238	196	178	176	152	114	150	136
Manure N	278	270	296	278	250	250	238	176	216	166

La concentration en K des tissus et le rendement ne sont pas corrélés

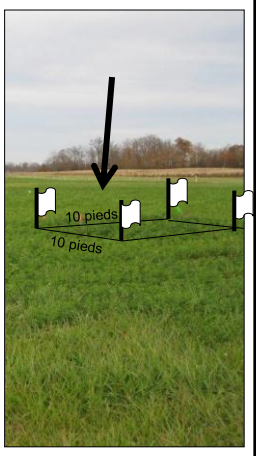


Essais de luzerne sur les fermes dans l'état de NY



- Valeur critique initiale STP ~ 150 lb K/acre…lorsque le champ contenait plus de 50 % de luzerne.
- Pas de réponse au K avec <50 % luzerne.

Gestion du potassium Sommaire



Fumier appliqué récemment?

- Si oui, probablement aucun besoin en engrais K

Autres champs :

- Oubliez les tests sur les tissus pour l'instant…

Test sur le sol (profondeur 0-8 pouces, 1re coupe) :

- Utilisez les tables d'interprétation
- Expérience :
  - Appliquez ¼ kg 0-0-60 (145 kg K_2O /ha) à une aire de 10' x10' après la 1re coupe; vérifiez avant la 2e coupe

Sommaire agronomique

La gestion des nutriments peut être payant, autant d'une perspective agronomique qu'économique

Incorporez le fumier chaque fois que c'est possible.

Considérez une application à un taux variable de N.

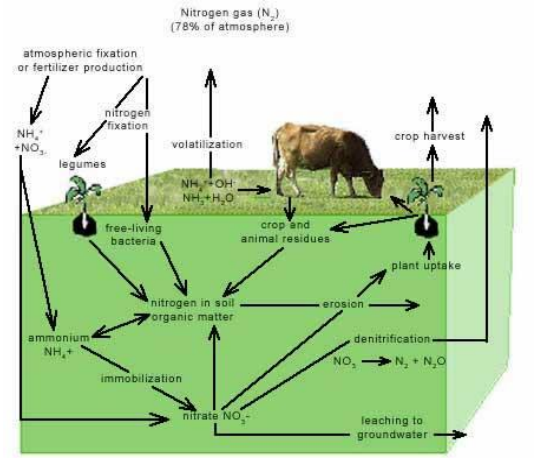
Suivez le statut de S et K avec la luzerne

Problèmes reliés aux animaux

Problèmes reliés aux animaux

Préoccupations environnementales grandissantes

Aliments cultivés à la ferme



Alors qu'un nombre croissant de producteurs souhaitent minimiser leur impact environnemental et créer un développement durable, la fertilisation des aliments cultivés à la ferme devient de plus en plus importante.

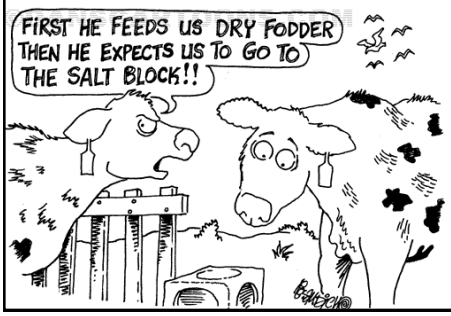
Équilibre des nutriments =

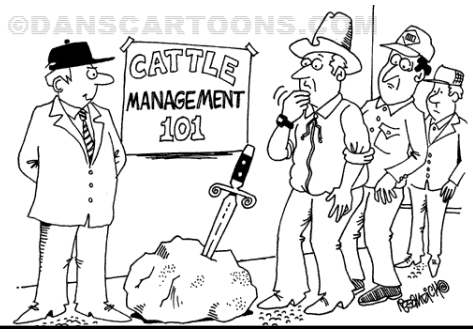
- Considérez l'équilibre entre les entrées et les sorties mesurées des nutriments. Les quantités relatives de NPK nécessaires pour le pâturage et les cultures arables sont différentes des éléments d'un fumier; le fumier est trop enrichi en P par rapport au N.

- Les systèmes de pâturage affectent le sol et particulièrement les cours d'eau si le fumier ou l'ensilage n'est pas bien entreposé et s'écoule. Le résultat est la contamination ponctuelle qui peut affecter le sol pendant plusieurs années, détruire la faune aquatique et rendre l'eau impropre à la consommation.

Nutrition laitière =

« Aussi simple » que comprendre les besoins en nutriments des vaches laitières aux différents stades de la lactation et bien mélanger plusieurs aliments afin de combler ces besoins de façon rentable.





Efficacité alimentaire =

Déterminez la capacité relative des vaches à transformer les nutriments alimentaires en lait ou en produit laitier.

À sa plus simple expression, c'est le nombre de kg de lait produit par kg de matière sèche consommé.

L'efficacité alimentaire devient très importante en temps de marges de profits très minces.

50 kg lait/33,3 kg de MS = 1,5 FE

52 kg lait/33,3 kg de MS = 1,56 FE

Mélanges offrant une meilleure qualité

1. Récolte hâtive
2. Composantes de meilleure qualité
3. Moins de graminées dans le mélange

Composantes de meilleure qualité :

1. Luzerne avec une faible teneur en lignine
2. Dactyle à épiaison réduite

Moins de graminées dans le mélange :

1. Dactyle à épiaison réduite
2. Fétuque des prés
3. Taux d'engazonnement plus bas

Qualité de la luzerne et des graminées– 29 mai

Luzerne : 30 % CP, 28 % NDF, 60 % NDFD
Graminées: 19 % CP, 54 % NDF, 80 % NDFD

Sondage nutritionnel du Midwest
Défis majeurs pour les producteurs laitiers

1. Stabilité de la qualité du fourrage

Qu'est-ce qui a le plus d'impact sur la stabilité de la qualité des mélanges fourragers?

Évaluation printanière de la qualité des mélanges de luzerne et de graminées

Objectif :

Développer un outil simple pour estimer la teneur en NDF des mélanges de luzerne et de graminées.

Des équations de qualité ont été développées en se basant principalement sur :
a. la hauteur maximale de la luzerne et
b. le pourcentage de graminées dans le mélange.

Besoin d'une prévision meilleure qu'une simple supposition

Capter des images numériques d'échantillons représentatifs d'un champ mixte.

Déterminer les valeurs de composition du champ pour chaque échantillon.

Créer un logiciel pour prédire la composition d'un champ.

Offrir un service en ligne gratuit : http://www.forages.org.

Évaluation postrécolte de la composition d'un champ mixte

Il est possible de calibrer le NIR afin de mesurer le % de luzerne dans les échantillons de foin d'ensilage.

DairyOne a effectué l'analyse de 540 échantillons
de luzerne-graminées de composition connue pour la calibration du NIRS.

% de luzerne postrécolte (avec NIRS)

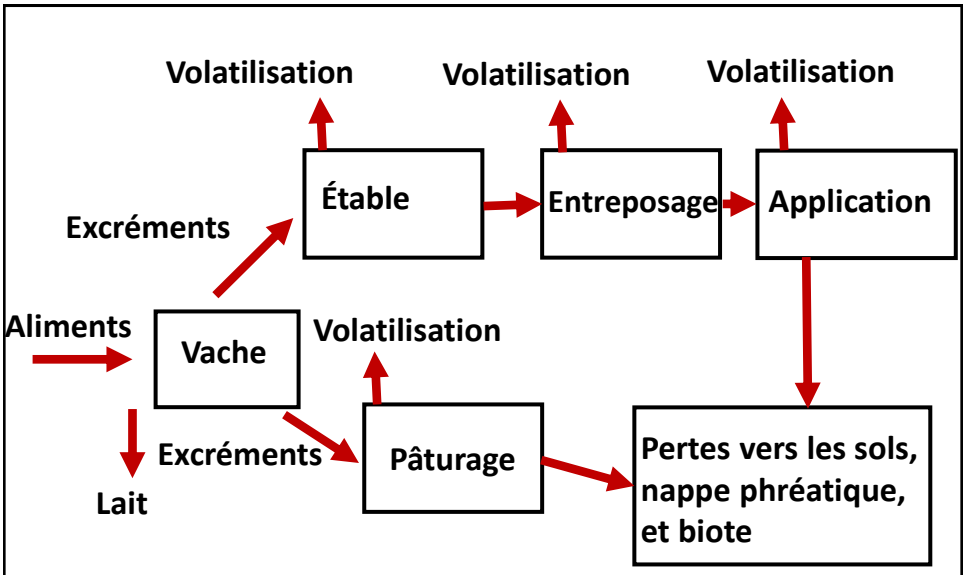
1. Aide à décider quand traiter le champ selon les besoins des graminées (fertilisation).
2. Fournit l'information sur la rotation des cultures.
3. Permet de planifier l'ordre de la récolte des champs pour le printemps suivant.
4. Gestion de données des nutriments.
5. Évalution des champs avec ASB.

Protéines alimentaires =

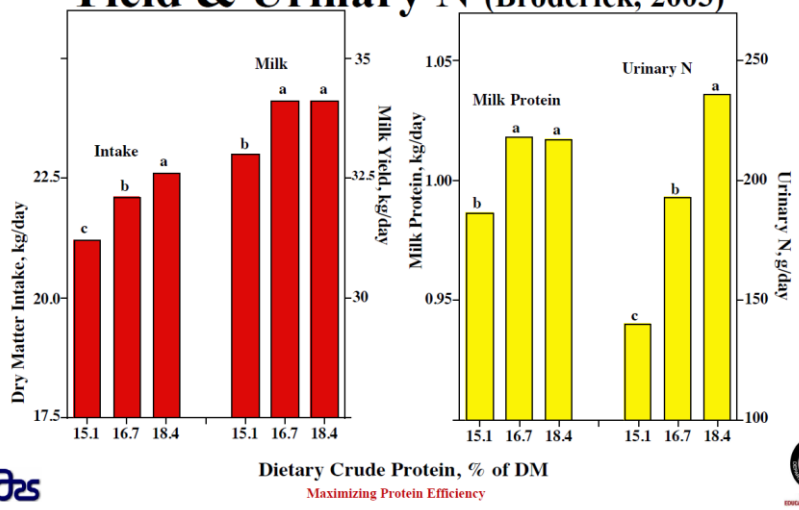
Affecte la nutrition des vaches laitières et la durabilité de la ferme.

La protéine alimentaire a :

(1) des effets sur la consommation de matière sèche (CVMS), les rendements laitierset la composition du lait.
(2) des effets sur les coûts d'alimentation,
(3) des effets environnementaux et
(4) de possibles effets sur l'efficacité de la reproduction.



Effect of Dietary [CP] on Intake, Yield & Urinary N (Broderick, 2003)



Diète réduite en protéines =

(1) Réduit l'apport en N.

(2) Améliore l'efficacité d'utilisation de N.

(3) Réduit les pertes de N dans le fumier.

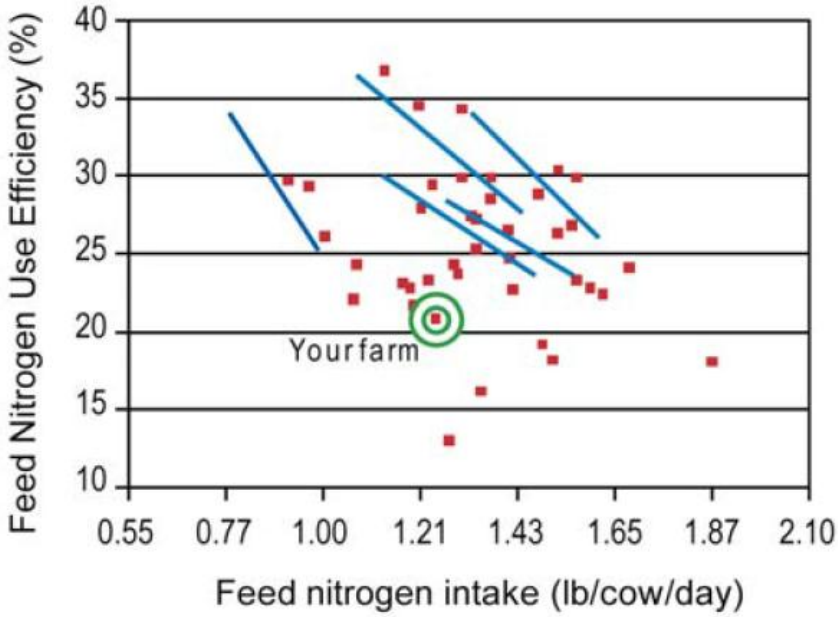
(4) Réduit les coûts d'alimentation et augmente la rentabilité globale de la ferme.

Cependant, ces interventions doivent être équilibrées et risquent de réduire la production laitière. Si les besoins en protéines métabolisables de l'animal ne sont pas comblés, la production à long terme ne sera pas durable.

Protéines métabolisables =

protéines digestibles (acides aminés digestibles totaux) offertent à l'animal via les protéines microbiennes synthétisées dans le rumen,

plus les protéines alimentaires qui échappent à la dégradation ruminale (mais qui est digestible et absorbée dans l'intestin grêle).



Cornell Net Carbohydrate and protein System (CNCPS)=

Prédire :
1-Utilisation alimentaire,
2-Performance animale,
3-Excrétion de nutriments

Pour les bovins laitiers et de boucherie

Le système utilise des connaissances accumulées sur la composition des aliments, la digestion et le métabolisme afin de fournir les nutriments et combler les besoins.

Enjeux environnementaux avec le phosphore (P) =

Ces enjeux ont poussé l'industrie animale à réévaluer les niveaux de P dans l'alimentation. De nombreuses recherches ont démontré qu'un excès de P dans l'alimentation égale à un excès de P dans le fumier.

Niveaux du phosphore dans le fumier =

Les bovins laitiers en lactation qui ont un taux excédentaire de 0,55 à 0,80 % (MS) ont la chance de s'améliorer.

Les troupeaux avec une stratégie d'alimentation régulière sans phosphore inorganique peuvent maintenir ces taux.

Certaines fermes observent un taux de plus de 1,0 % de phosphore dans le fumier (MS).

Selon les troupeaux de ce projet, une teneur en phosphore de moins de 0,80 % dans le fumier est possible.

Consommation du P doit rencontrer les normes sur les nutriments

Essai sur le terrain - Okeechobee, Florida, 1986-87

Effets de l'alimentation en libre accès aux minéraux sur le P dans le fumier

Les vaches recevaient 0,52 % P, en plus d'un libre accès aux minéraux.

Les vaches ayant libre accès aux minéraux ont eu une plus grande concentration du P dans leur excrément. Plusieurs recherches (NRC 2001) démontrent qu'une fois les besoins en P sont comblés, l'excédent est éliminé dans les selles.

Les essais avec les ruminants (mouton, vaches laitières et de boucherie) ont aussi conclu que l'alimentation libre-accès comporte de nombreuses lacunes et, dans les conditions actuelles, offre peu ou pas d'avantages aux producteurs laitiers. Virginia Ishler, Penn State

Pâturage

Peut offrir un choix rentable pour les vaches taries et les génisses, mais doit être géré afin d'assurer que les animaux atteignent les objectifs de performance.

Les pâturages doivent être en rotation, des suppléments doivent être offerts et les animaux doivent être observés régulièrement.

Potassium et pâturages

K en excès de 3 %.

Problèmes de santé potentiels, surtout la fièvre de lait, lorsqu'alimenté en fin de gestation.

Alternatives :

(1) Sortir les vaches taries d'un pâturage à teneur élevée en K pendant les 3-4 dernières semaines de gestation.

(2) Établir des pâturages à faible teneur en K spécifiquement pour les vaches taries (peut-être avec une fertilisation stratégique)

(3) Diluer les effets de pâturages à teneur élevée en K avec du fourrage et des aliments à faible teneur en K.

Différence alimentaire cations – anions (DACA)

La fertilisation en K et peut grandement influencer la concentration de Ca et de Mg de l'herbe, ce qui influence le DACA [DACA = meq (Na + K) - (Cl + a)].

DACA influence le statut acide-basique sanguin de façon directe et prévisible.

En plus d'offrir une alimentation faible en K, un fourrage à DACA négative est un des meilleurs outils dans la prévention de l'hypocalcémie ou de la fièvre de lait.

Soufre et DACA

Le S joue un rôle important dans la DACA de la ration des bovins laitiers en période de transition et il est grandement utilisé pour contrôler le DACA.

L'amélioration des conditions environnementales pourraient nous obliger à surveiller davantage le soufre et d'autres oligo-éléments dans les fourrages.

La sous- ou la sur-alimentation en S peut mener à une réduction de la consommation et de la production laitière.

FIN