

Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds



Juin 2008

Projet réalisé dans le cadre du programme
Recherche appliquée, innovation et transfert

Projet 2190



Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds

Projet no. 2190

Requérant : Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ)

RAPPORT FINAL

Novembre 2006 à Avril 2008

Rédigé par Hélène Méthot agr. M.Sc. (CEPOQ)

En collaboration avec :

Denise Bélanger, dmV, Ph.D. (FMV, Université de Montréal)

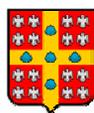
Dany Cinq-Mars, agr., Ph.D. (Université Laval)

Anne Leboeuf, dmV, M.Sc. (MAPAQ)

Yan Turmine, directeur (Belisle Solution Nutrition)

Projet réalisé dans le cadre du programme
« Recherche appliquée, innovation et transfert » du CDAQ

12 juin 2008



UNIVERSITÉ
LAVAL



CEPOQ
Centre d'expertise en production
ovine du Québec



CONSEIL POUR
LE DÉVELOPPEMENT DE
L'AGRICULTURE DU QUÉBEC
Financé par : Agriculture et
Agroalimentaire Canada Agriculture and
Agri-Food Canada Canada


Belisle
Solution • Nutrition

Université 
de Montréal

Faculté de médecine vétérinaire

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation
Québec 

TABLE DES MATIÈRES

1. Résumé du projet	1
2. Description du projet	2
2.1. <i>Problématique</i>	2
2.2. <i>Objectif général</i>	2
2.3. <i>Objectifs spécifiques</i>	2
2.4. <i>Méthodologie</i>	3
2.5. <i>Étapes et échéances</i>	4
3. Résultats et Discussion	6
3.1. <i>Résultats obtenus</i>	6
3.2. <i>Diffusion des résultats</i>	11
4. Conclusions du projet	13
Annexe I – Questionnaire destiné aux producteurs soumettant des échantillons d'aliment pour analyse	14
Annexe II – Banque de référence d'aliments produits sur les fermes québécoises	17
Annexe III – Présentation à la 5e Journée de recherche en production ovine	32
Annexe IV – Article de vulgarisation, Ovin Québec printemps 2008	43

1. RÉSUMÉ DU PROJET

Puisque les ovins ont un seuil de toxicité au cuivre très bas, ils sont particulièrement susceptibles à la surcharge hépatique en cet oligo-élément, laquelle peut entraîner des pertes importantes en terme de performances et de mortalités pour le producteur. Ce projet a donc permis de dresser un portrait du statut moyen en cuivre des principaux aliments produits au Québec pour le bétail et d'identifier les facteurs pouvant entraîner des concentrations élevées en cuivre dans ces végétaux. Les résultats obtenus ne laissent toutefois pas croire que les aliments produits sur les fermes québécoises présentent, de façon générale, des concentrations en cuivre problématiques pour l'ovin. Toutefois, l'application de lisier de porc semble être associée à une teneur en cuivre des plantes qui y poussent plus élevée. Bien que nous ne soyons pas en mesure, pour l'instant, de conclure que cette pratique comporte un risque d'intoxication chez les ovins, elle demeure tout de même préoccupante pour la production d'aliments destinés à cette espèce particulièrement sensible au cuivre. Parallèlement, une évaluation de l'ampleur de cette problématique de surcharge hépatique de cuivre, par l'échantillonnage et l'analyse de foies d'agneaux prélevés à des abattoirs situés dans différentes régions du Québec, a été réalisée. Ces informations ne suggèrent pas qu'il s'agit d'une situation généralisée. Les acquis découlant du présent projet ont conduit à la mise sur pied d'une banque de données de référence des aliments du bétail.

Les collaborateurs pour ce projet sont :

- ✓ Denise Bélanger, dmv, Ph.D., Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal
- ✓ Dany Cinq-Mars, agr., Ph.D., Département des Sciences animales, Université Laval
- ✓ Anne Leboeuf, dmv, M.Sc., Institut de Santé Animale, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
- ✓ Hélène Méthot, agr., M.Sc., Centre d'expertise en production ovine du Québec
- ✓ Yan Turmine, directeur, Belisle Solution Nutrition

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1. Problématique

Les ovins ayant une grande vulnérabilité face au cuivre, il est essentiel de sensibiliser les producteurs et les intervenants à cette problématique. Une meilleure connaissance des minéraux pouvant moduler son absorption est également souhaitable afin de minimiser l'incidence de surcharge hépatique en cet oligo-élément. Par ailleurs, afin d'effectuer un meilleur contrôle des rations quant à cet aspect, il serait fort pertinent d'obtenir des précisions concernant les facteurs pouvant conduire à la production d'aliments à moindre risque pour les moutons. De plus, la quantification de la problématique (importance et conséquences) de surcharge hépatique chez les agneaux lourds pourra orienter les actions des producteurs et intervenants. Considérant que cette condition pourrait affecter les performances des animaux et la mortalité dans les troupeaux, son contrôle pourrait certainement améliorer la capacité concurrentielle des entreprises ovines québécoises.

2.2. Objectif général

Étudier la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds.

2.3. Objectifs spécifiques

1. Évaluer la teneur en cuivre, molybdène, soufre, fer et zinc des aliments produits sur les fermes québécoises (fourrages et céréales).

La réalisation de cet objectif est complétée. Toutefois, puisque nous devons composer avec les échantillons soumis pour analyse, quelques types présentaient un faible nombre d'échantillons. De plus, avec l'autorisation du CDAQ, 35 échantillons de moulée complète destinée aux agneaux ont été récoltés et analysés pour le cuivre, le molybdène, le fer, le zinc et le soufre. Cet ajout permet l'obtention d'un portrait complet des aliments susceptibles de se retrouver dans l'alimentation des agneaux lourds et ainsi influencer leur concentration hépatique en cuivre.

2. Identifier les facteurs associés à la production à la ferme d'aliments riches en cuivre (type de fertilisants, type d'aliments, type de sol, région de production, etc.).

La récolte des informations pertinentes liées à la ferme d'origine de l'aliment ayant été plus laborieuse que prévue (temps nécessaire de la part des producteurs et des représentants Belisle Solution Nutrition), ces renseignements ne sont pas disponibles pour tous les échantillons inclus dans la base de données. La région d'origine a toutefois été indiquée pour la vaste majorité des échantillons de la base de données.

3. Estimer l'importance de la problématique « surcharge hépatique de cuivre » chez les agneaux lourds.

Cette étape est complétée alors que 282 foies ont été prélevés et analysés.

4. Vérifier l'existence d'une association entre la région d'origine et le statut hépatique en cuivre des agneaux lourds.

ATQ a gracieusement accepté de nous fournir les informations sur la localité d'origine des agneaux (grâce au numéro d'identification permanente), ce qui nous a permis de constituer notre banque de

données. Toutefois, cette collecte était réalisée de façon aléatoire (voir critères de sélection à la section 2.4.2) parmi les agneaux présents à l'abattoir.

5. Vérifier les effets zootechniques et sanitaires de la consommation d'aliments à risque par rapport au cuivre chez les agneaux lourds.

La réalisation de cet objectif dépendait des résultats obtenus en lien avec les objectifs précédents. Ainsi, face aux résultats liés aux concentrations en cuivre des aliments (objectifs 1 et 2) et aux foies (objectifs 3 et 4), le comité de travail a convenu que la tenue de la phase animale expérimentale (objectif 5) n'était pas justifiée.

Globalement, les objectifs initialement fixés (tel que listés précédemment), à l'exception de l'objectif 5, ont été rencontrés. En ce sens, le projet a conduit à des résultats satisfaisants et a ainsi répondu aux questions à l'origine de cette initiative de recherche.

2.4. Méthodologie

2.4.1. Teneur en cuivre des aliments produits au Québec et destinés au bétail (objectifs 1 et 2)

2.4.1.1 Collecte des échantillons

Un questionnaire destiné aux producteurs agricoles qui soumettent leurs échantillons d'aliment pour analyse (Annexe I) a été construit puis complété par le biais des représentants de Belisle Solution Nutrition. Ces informations sont transmises au CEPOQ qui en a fait la compilation. Cette approche est la même que celle initialement prévue à l'exception que ce ne sont pas tous les échantillons qui sont associés à l'information de la ferme d'origine (sol, amendements, etc.). En effet, afin d'avoir un maximum d'unités des différents types d'aliments souhaités pour les analyses statistiques, des échantillons supplémentaires ont été inscrits à la base de données (nombre total d'échantillons = 995; nombre de types d'aliments = 11; nombre de formulaires complétés = 188; nombre de formulaires distribués et présentés = environ 400) (Banque de référence en Annexe II). De plus, 35 échantillons de moulée complète pour agneau ont été récoltés chez 5 meuneries/bannières différentes. Puisque ces analyses n'ont pas été réalisées en collaboration avec ces meuneries/bannières, leur anonymat sera respecté dans la diffusion des résultats.

2.4.1.2 Analyse des échantillons

Les échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire de Belisle Solution Nutrition. Les aliments produits sur les fermes québécoises ont été analysés pour en connaître la composition en matière sèche (MS), en protéine brute (PB), en fibre ADF, en fibre NDF, en calcium (Ca), en phosphore (P), en magnésium (Mg), en potassium (K), en cuivre (Cu), en fer (Fe), en zinc (Zn), en molybdène (Mo) et en soufre (S). Les échantillons de moulée complète ont été analysés pour le Cu, le Mo, le Fe, le Zn et le S.

2.4.1.3 Compilation et analyse des données

La compilation des données et leur analyse ont été réalisées au CEPOQ. La procédure MIXED de SAS (1999-2001) a été utilisée pour compléter les analyses statistiques.

2.4.2. Concentrations hépatiques en cuivre chez les agneaux lourds élevés au Québec (objectifs 3 et 4)

2.4.2.1 Collecte des échantillons

Un échantillonnage de 102 foies pour analyses exploratoires a été réalisé (3 abattoirs, 28 producteurs) entre juillet et août 2006. Un deuxième échantillonnage de 180 foies, a été complété entre mars et novembre 2007. Ce deuxième échantillonnage visait des agneaux engraisés au cours d'une saison différente afin de couvrir un maximum de facteurs pouvant affecter les résultats obtenus.

Les paramètres d'échantillonnage étaient : - de 2 à 3 abattoirs pour couvrir un maximum de régions
- limite de 4 foies d'un même producteur pour une même période d'échantillonnage

Agri-Traçabilité Québec (ATQ) a, par le biais des numéros d'identification permanente des agneaux dont le foie a été échantillonné, précisé la région d'origine des agneaux. À titre de suivi, les producteurs d'agneaux dont les foies présentaient une concentration hépatique particulièrement élevée ont reçu, par le biais de ATQ (leur identité est confidentielle), une lettre les avisant de la situation et les invitant à communiquer avec la responsable du projet au CEPOQ. Aucun appel n'a été reçu.

2.4.2.2 Analyse des échantillons

Les échantillons prélevés ont été analysés au Centre de toxicologie de l'Institut national de santé publique (INSA) du Gouvernement du Québec. Les analyses effectuées portaient sur le % d'humidité, la concentration en cuivre ainsi que la concentration en molybdène des foies.

2.4.2.3 Compilation et analyse des données

La compilation des données et leur analyse ont été réalisées au CEPOQ. La procédure MIXED de SAS (1999-2001) a été utilisée pour compléter les analyses statistiques.

2.4.3. Effets zootechniques et sanitaires d'une ration à risque élevé par rapport au cuivre (objectif 5)

Cette étape du projet, avec le consentement du CDAQ, n'a pas été réalisée.

2.5. Étapes et échéances

Activités	Date prévue	Date réelle	Finalités	Notes
Étape 1 (objectifs 1 et 2)				
Préparation du questionnaire pour les entreprises	Février – Mars 2005	Février – Mars 2005	Obtenir les informations sur les fermes d'origine des aliments analysés	
Visite des fermes	Mars à Mai 2005	Mars 2005 à Février 2006	Obtenir les informations sur les fermes d'origine des aliments analysés	<i>Cette étape a été beaucoup plus longue que prévue. Par ailleurs, afin d'accélérer le processus, de nouveaux échantillons ont été ajoutés à la banque de données avec la seule information de la région afin de limiter des délais supplémentaires.</i>
Analyse des échantillons d'aliments	Mai – Juin 2005	Mai 2005 à Décembre 2006	Connaître les composantes des différents aliments offerts	<i>Compte tenu des délais de l'étape précédente, cette période d'analyse a également été plus longue que prévue. Aussi, afin de bonifier la banque de données et d'assurer un nombre représentatif d'échantillons pour</i>

				<i>les différents aliments, des échantillons supplémentaires ont été ajoutés au cours de l'été 2006.</i>
Compilation des résultats	Juillet 2005	Juillet – Décembre 2006	Monter la banque de données	
Analyse des résultats de l'étape 1	Août – Octobre 2005	Août - Décembre 2006	Vérifier les hypothèses émises	
Diffusion et vulgarisation des résultats	Novembre – Décembre 2005	Hiver 2007	Publication des résultats obtenus	
Étape 2 (Objectifs 3 et 4)				
Préparation de la phase terrain	Novembre 2005	Novembre 2005 Juillet 2006 Décembre 2006 (2 ^e vague)	Entente avec les ressources pertinentes pour l'obtention/échantillonnage des foies nécessaires	<i>Un premier contact a été fait auprès des organismes de mise en marché et des abattoirs en novembre 2005. Toutefois, compte tenu des délais rencontrés à l'étape 1 et du changement de chargée de projet, cette étape a été reprise au moment opportun pour la récolte des foies, soit en juillet 2006. La 2^e vague a été réalisée en 2007.</i>
Récolte des échantillons et données	Décembre – Avril 2006	Juillet 2006 – Janvier - Février 2007	Obtenir un échantillonnage représentatif pour évaluer l'incidence de surcharge hépatique	<i>Les organismes de mise en marché et les abattoirs contactés nous ont offert une excellente collaboration.</i>
Analyse des foies	Mai – Juillet 2006	Août 2006 Février 2007 Janvier 2008	Connaître la teneur en cuivre des foies	
Compilation des résultats	Juillet – Août 2006	Août 2006 Février 2007 Janvier 2008	Monter la banque de données pour analyse	
Analyse des résultats	Septembre – Décembre 2006	Août 2006 Février 2007 Janvier 2008	Vérifier l'incidence de surcharge hépatique	
Diffusion et vulgarisation des résultats	Janvier – Mars 2007	Hiver 2008	Publication des résultats obtenus	
Étape 3 (Objectif 5) ÉTAPE ANNULÉE				
Synchronisation et accouplement des brebis	Mars 2006	-	Saillie des futures mères des agneaux du projet	
Préparation des installations/équipements	Octobre 2006	-		
Expérimentation	Novembre 2006 – Mars 2007	-	Vérifier l'effet des 2 traitements alimentaires	
Compilation des données	Avril 2007	-	Monter la banque de données pour analyse	
Analyse des données	Mai – Juillet 2007	-	Vérifier l'impact des traitements	
Diffusion et vulgarisation des résultats	Août – Novembre 2007	-	Publication des résultats obtenus	
Rédaction du rapport final	Novembre – Décembre 2007	Hiver 2008	Remise du rapport au CDAQ et aux participants	

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats obtenus

3.1.1. Teneur en cuivre des aliments produits au Québec et destinés au bétail (objectifs 1 et 2)

3.1.1.1 Les aliments produits sur les fermes québécoises

À la lumière des données brutes (Tableau 3.1), on note que les concentrations en cuivre (Cu) mesurées présentent une certaine variabilité (coefficient de variation élevé) mais que la plupart des aliments demeurent dans une plage acceptable pour le cuivre. Toutefois, certains types d'aliments ont peu d'échantillons (ex : blé), ce qui est plutôt limitatif d'un point de vue statistique. Selon le NRC (1985), le niveau tolérable maximum de cuivre se situe à 25 mg de Cu/kg MS (ppm) dans la ration des ovins. Le nouveau NRC (2007), quant à lui, suggère de réduire l'écart entre les besoins et le seuil possible de toxicité en établissant le niveau maximum tolérable à 15 ppm pour des rations contenant entre 1 et 2 ppm de molybdène et entre 0,15 et 0,25% de soufre. Ces précisions sont pertinentes car l'absorption du cuivre diminue lorsque le molybdène, le soufre et le zinc augmentent. Sur cette base, le NRC (1985) rapporte, par exemple, que pour des niveaux extrêmement bas en molybdène (<1ppm), une ration contenant 8 à 11 ppm de cuivre peut être toxique.

Tableau 3.1. Concentrations moyennes (ppm) en cuivre et en molybdène de différents types d'aliments produits sur les fermes québécoises

Aliment	Nb	Minéraux	Médiane ¹	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation (%) ²
Avoine	11	Cu	6,0	5,3	1,3	9,2	45,3
		Mo	0,6	0,8	0,0	2,1	91,2
Blé *	6	Cu	4,9	4,2	0,9	7,2	54,1
		Mo	0,6	0,6	0,2	1,0	47,0
Ensilage de céréale *	6	Cu	7,6	7,8	5,0	10,7	28,6
		Mo	0,8	1,1	0,2	2,2	74,9
Ensilage d'herbe	504	Cu	8,9	9,0	1,5	22,6	31,5
		Mo	1,0	1,1	0,0	4,4	60,1
Ensilage de maïs *	175	Cu	5,0	5,1	0,0	11,4	41,7
		Mo	0,4	0,4	0,0	1,0	52,4
Foin *	159	Cu	6,8	6,9	1,5	13,6	35,5
		Mo	1,0	1,1	0,0	3,3	61,2
Grains mélangés *	14	Cu	4,4	4,1	1,0	6,7	33,8
		Mo	0,8	0,9	0,5	1,7	36,4
Maïs *	77	Cu	2,9	2,8	0,0	8,3	64,1
		Mo	0,3	0,4	0,0	12,0	312,2
Orge *	29	Cu	5,0	5,2	1,3	10,5	45,9
		Mo	0,5	0,5	0,0	1,0	60,0
Seigle *	1	Cu	2,1	2,1	2,1	2,1	-
		Mo	0,6	0,6	0,6	0,6	-
Fève de Soya *	13	Cu	15,0	15,2	9,5	21,6	19,9
		Mo	1,9	3,4	0,8	11,7	91,7

¹ Valeur occupant la place du milieu dans la séquence ordonnée des données

² Mesure de dispersion des données

Selon les analyses statistiques exploratoires, il n'y a toutefois pas d'association entre la concentration de cuivre et de molybdène de la plupart des aliments et la région d'origine (identifié par * au Tableau 3.1). La région d'origine serait toutefois en lien avec les valeurs de cuivre et de molybdène ($P < 0,05$) obtenues pour l'avoine (Tableau 3.2) mais puisque les 11 échantillons sont issus de quatre (4) régions, donc deux ou trois échantillons par région, la précision de l'analyse statistique reste faible. Concernant la concentration en cuivre et en molybdène de l'ensilage d'herbe, il y aurait également un lien avec la région (Tableau 3.3; $P < 0,05$).

Tableau 3.2. Concentrations moyennes en cuivre (ppm) et en molybdène (ppm) de l'avoine produite au sein de différentes régions québécoises

Région	Nb	Minéraux	Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient variation (%)
Bas-St-Laurent (1)	4	Cu	6,73	6,51	4,88	7,69	18,2
		Mo	0,19	0,31	0,01	0,86	120,6
Estrie (5)	1	Cu	9,23	-	-	-	-
		Mo	2,10	-	-	-	-
Outaouais (7)	3	Cu	1,57	2,55	1,27	4,81	77,0
		Mo	0,63	0,80	0,36	1,41	68,2
Montérégie (16)	2	Cu	-	4,95	3,94	5,96	28,9
		Mo	-	1,47	1,36	1,58	10,6

Tableau 3.3. Concentrations moyennes en cuivre (ppm) et en molybdène (ppm) de l'ensilage d'herbe produit au sein de différentes régions québécoises

Région	Nb	Minéraux	Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient variation (%)
Bas-St-Laurent (1)	120	Cu	8,92	8,84	4,19	19,60	29,2
		Mo	0,95	1,08	0,06	3,83	70,7
Saguenay.-Lac-St-Jean (2)	25	Cu	7,06	8,41	3,30	17,10	43,6
		Mo	1,23	1,45	0,39	3,23	46,4
Capitale Nationale (3)	4	Cu	9,14	9,34	8,07	11,00	15,5
		Mo	0,67	0,84	0,36	1,65	70,5
Mauricie (4)	6	Cu	9,88	9,92	8,47	11,80	13,3
		Mo	0,56	0,71	0,53	1,05	32,8
Estrie (5)	56	Cu	8,30	8,66	2,30	16,20	26,2
		Mo	1,14	1,40	0,16	4,35	69,1
Outaouais (7)	4	Cu	6,88	7,44	4,42	11,58	40,5
		Mo	0,85	0,85	0,41	1,30	43,7
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11)	2	Cu	-	10,59	9,80	11,37	10,5
		Mo	-	0,23	0,03	0,42	122,6
Chaudière-Appalaches (12)	75	Cu	9,65	9,97	3,38	22,60	36,4
		Mo	1,09	1,19	0,01	2,98	54,0
Lanaudière (14)	14	Cu	10,60	10,43	3,46	16,40	30,6
		Mo	0,89	1,01	0,20	2,16	64,9
Laurentides (15)	53	Cu	8,94	8,64	1,47	16,20	34,0
		Mo	1,02	1,12	0,18	3,00	58,3

Montérégie (16)	85	Cu	9,26	9,52	4,41	16,90	24,6
		Mo	1,03	1,08	0,08	2,81	49,0
Centre-du-Québec (17)	52	Cu	8,29	8,33	2,41	12,80	29,4
		Mo	1,19	1,23	0,13	2,84	42,6

Lorsque le type de fumier (ovin, bovin laitier, bovin de boucherie et porcin) épandu sur les champs d'origine des échantillons d'aliments est mis en parallèle avec la concentration en cuivre de ces aliments récoltés (Tableau 3.4), on constate que l'utilisation du purin de porc conduit à des concentrations en cuivre supérieures ($P < 0,01$). Ceci n'est en soi pas surprenant puisque les déjections de porc comportent généralement une teneur en cuivre plus élevée que celles d'autres espèces animales. Par contre, l'échantillonnage demeure restreint, le coefficient de variation est très élevé (grande variabilité entre les échantillons) et l'enquête ne permet pas de mettre en évidence certains paramètres, comme le type de porcherie, les apports de lisier au champ, le nombre d'années d'épandage d'un même type de fumier, etc., qui pourraient influencer les résultats.

Tableau 3.4. Concentrations moyennes en cuivre (ppm) de différents types d'aliments produits sur les fermes québécoises selon le type de fumier épandu

Type de fumier	Nb	Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation (%)
Ovin	35	7,28	7,45	2,71	17,10	39,4
Bovin laitier	59	6,29	7,13	0,12	19,97	64,7
Bovin de boucherie	47	5,94	6,25	0,88	12,55	45,5
Porcin	9	9,72	10,20 *	7,35	15,60	24,3

Bien que le pH du sol influence la disponibilité des éléments nutritifs (Ziadi et al., 2005) et, par le fait même, la captation de ceux-ci par les végétaux, aucun lien entre le pH du sol et la concentration en cuivre des aliments n'a été mis en lumière (Figure 1). En effet, on constate que la valeur du R^2 , qui est un indicateur de la force du lien entre les deux variables (pH et concentration en cuivre), est très faible (<1%). De plus, lorsque l'exercice est répété en considérant les aliments séparément, par exemple l'ensilage de maïs ou l'ensilage d'herbe seuls, aucun résultat plus concluant n'est observé. Ceci est sans doute dû au fait que la disponibilité du cuivre est réduite lorsque le pH du sol descend sous 5 ou monte au-delà de 7 (Ziadi et al., 2005) alors que la vaste majorité des pH mesurés dans la présente étude se situent entre 5 et 7.

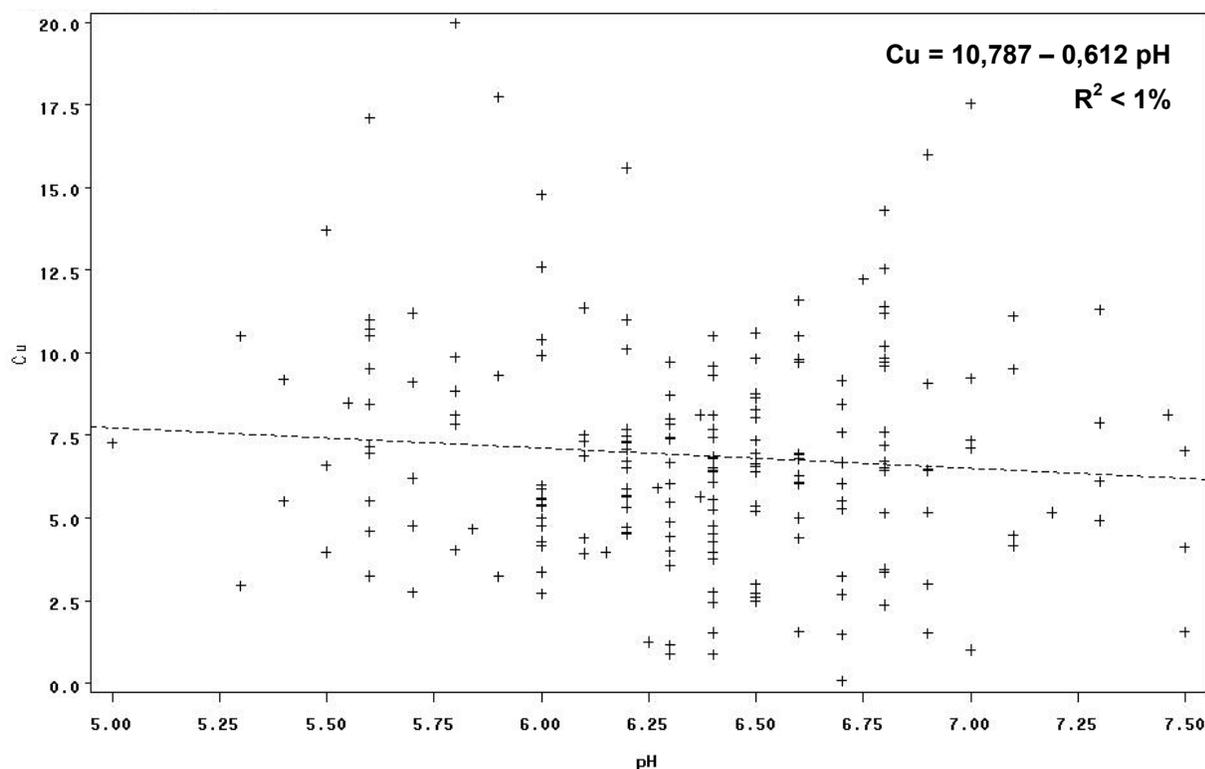


Figure 1 Distribution de la concentration (ppm) en cuivre des aliments analysés en fonction du pH du sol où l'aliment a été récolté

3.1.1.2 Les moulées commerciales

Il est également rassurant de constater, comme le montre le Tableau 3.5, que les niveaux de cuivre rencontrés dans les moulées commerciales analysées sont acceptables. Les concentrations en molybdène varient pour leur part passablement chez certaines meuneries. Puisque que cet élément n'est pas ajouté, on suppose que cette variation vient des aliments de base incorporés à la moulée. Quant à la concentration en zinc, les moulées de quelques meuneries présentent une certaine variation mais il s'agit d'un élément ajouté par celles-ci. Finalement, les concentrations en soufre avoisinent la limite supérieure recommandée (0,3%) et est aussi ajouté par les meuniers. Dans l'ensemble, on constate que les coefficients de variation sont élevés et que, en ce sens, une réflexion quant aux contrôles de qualité pourrait être faite par les meuneries concernant ces deux derniers paramètres.

Tableau 3.5 Concentrations en oligo-éléments des moulées commerciales

Meunerie	Nb	Oligo-élément	Médiane (ppm; S en %)	Moyenne (ppm; S en %)	Minimum (ppm; S en %)	Maximum (ppm; S en %)	Coefficient de variation (%)
A	7	Cu	8,02	8,34	7,41	9,58	9,4
		Mo	1,47	1,45	1,07	1,78	18,7
		Zn	86,5	79,3	43,9	93,8	21,3
		S	0,31	0,30	0,22	0,36	15,3
B	8	Cu	9,33	9,18	5,95	12,88	21,8
		Mo	1,66	1,52	0,72	2,18	32,1

		Zn	83,2	105,5	66,6	257,1	59,8
		S	0,29	0,33	0,26	0,61	35,2
C	6	Cu	8,73	8,89	7,66	10,67	11,6
		Mo	1,13	1,08	0,78	1,29	19,4
		Zn	98,0	93,2	61,5	116,1	21,7
		S	0,38	0,37	0,26	0,45	21,6
D	6	Cu	9,13	9,75	8,18	12,83	17,8
		Mo	1,40	1,87	1,26	4,40	66,6
		Zn	83,9	100,6	69,3	190,8	44,7
		S	0,36	0,39	0,35	0,56	20,9
E	8	Cu	8,86	8,84	7,75	10,06	8,2
		Mo	1,12	1,14	0,71	1,74	36,8
		Zn	97,0	98,3	90,6	106,8	5,2
		S	0,25	0,26	0,24	0,26	2,8

3.1.2. Concentrations hépatiques en cuivre chez les agneaux lourds élevés au Québec (objectifs 3 et 4)

La problématique de surcharge hépatique en cuivre chez les agneaux lourds ne semble pas être généralisée (**Tableau 3.6**) alors que seuls 21 agneaux sur 282 présentaient des concentrations élevées (plus de 500 µg Cu/g MS) dont 16 au-dessus de 600 µg Cu/g MS. Par ailleurs, puisque les producteurs concernés par les concentrations plus élevées ne sont pas entrés en communication avec l'équipe de travail, aucun détail concernant les facteurs pouvant expliquer cette situation n'ont pu être identifiés. Il faut noter que selon les sources consultées, les concentrations en cuivre considérées comme problématiques varient grandement (Puls, 1994; Kerr et al., 1991). Toutefois, dans l'étude de Menzies et al. (2003), un seuil de 875 µg Cu/g MS a été considéré comme dangereux. Il a de plus été rapporté que des concentrations inférieures à ce seuil pouvaient être associées à des mortalités bien qu'un seul décès fut répertorié pour une concentration hépatique moyenne de 600 µg Cu/g MS chez les agneaux à l'étude (Van der Berg et al. 1983, cité par Menzies et al., 2003). Ainsi, puisque seulement 5,7% des agneaux répertoriés (16 sur 282) présentent des concentrations hépatiques en cuivre problématiques et que les aliments analysés ne laissent pas entrevoir de concentrations systématiquement élevées en cuivre (**Tableau 3.1**), il est possible que cette situation soit davantage attribuable, soit à un incident alimentaire sporadique ou à une contamination à la ferme. On peut par exemple penser à une tuyauterie en cuivre.

Tableau 3.6. Concentrations hépatiques (µg/g MS) en cuivre et en molybdène chez des agneaux lourds produits au Québec

Variable	N	Médiane	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum	Coefficient Variation (%)
Cuivre	282	250	278	173	24	1500	62,4
Molybdène	282	3,9	3,9	0,8	1,9	6,3	19,5

Aucune différence significative n'a été notée pour la concentration hépatique en cuivre des foies échantillonnées au cours de l'une ou l'autre des deux périodes de récolte (période 1 = juillet-août 2006 ; période 2 = mars-novembre 2007). Les analyses statistiques ont mis en lumière une différence significative en ce qui a trait au molybdène ($P < 0,01$) mais physiologiquement, ces différences sont sans

conséquence (période 1 = $3,74 \pm 0,07$ µg/g MS; période 2 = $4,02 \pm 0,06$ µg/g MS). Les données des deux périodes ont donc été regroupées pour les analyses subséquentes.

Lorsque la région d'origine de l'agneau dont le foie a été prélevé est considérée, il y a une tendance ($P=0,07$) quant à la concentration hépatique en cuivre entre les régions (Tableau 3.7). Toutefois, ces fluctuations ne sont pas d'importance physiologique puisque les valeurs se retrouvent dans la plage acceptable (< 500 µg/g MS). Pour la concentration hépatique en molybdène, la différence est significative pour la région d'origine de l'agneau ($P<0,05$). Tout comme le cuivre, ces variations ne sont cependant pas d'importance physiologique.

Tableau 3.7. Concentrations hépatiques moyennes (µg/g MS) en cuivre (Cu) et en molybdène (Mo) selon la région d'origine des agneaux lourds

Région	Minéraux	Moyenne	Borne inférieure ¹	Borne supérieure ¹
Bas-St-Laurent	Cu	237,41	211,69	266,20
	Mo	3,93	3,80	4,05
Chaudière-Appalaches	Cu	248,66	203,89	303,25
	Mo	3,61	3,38	3,83
Estrie	Cu	281,13	239,61	329,91
	Mo	3,73	3,55	3,91
Gaspésie	Cu	186,59	142,43	244,40
	Mo	4,05	3,75	4,35

¹ La borne inférieure et la borne supérieure correspondent respectivement aux limites inférieure et supérieure pour un intervalle de confiance de 95%, c'est-à-dire que nous avons de grandes chances que la concentration hépatique d'un agneau quelconque d'une population similaire se retrouve dans cette plage.

3.2. Diffusion des résultats

Un bref article de présentation du projet est paru dans la revue Ovin Québec – octobre 2005 (Rapport d'étape 1). Lors de la présentation de la 5^e Journée de recherche en production ovine tenue le 25 mai 2007, des résultats partiels du présent projet étaient disponibles et ont ainsi été présentés à plus de 70 intervenants de l'industrie (Annexe III). Par la suite, après avoir complété la collecte de données et les analyses statistiques de celles-ci, un article présentant tous les résultats de recherche a été imprimé dans la revue Ovin Québec – printemps 2008 (Annexe IV). Le rapport de recherche est également disponible via le site Internet du CEPOQ. Un article sur le sujet pourrait aussi être publié dans une revue scientifique vétérinaire. Le groupe de travail se penche actuellement sur la question. D'autre part, d'autres opportunités de diffusion des résultats pourront être saisies au moment opportun afin de maximiser l'accès à l'information.

OUVRAGES CITÉS

Kerr, L.A. et McGavin, H.D. 1991. Chronic copper poisoning in sheep grazing pastures fertilized with swine manure. JAVMA. 198 (1): 99-101.

Menzies, P.I., Boermans, H., Hoff, B., Durzi, T. et Langs, L. 2003. Survey on status of copper, interacting minerals, and vitamin E levels in the livers of sheep in Ontario. Can Vet J. 44: 898-906.

NRC 1985. Nutrient requirements of sheep. Washington DC, Natl. Acad. Sci.

Puls, R. 1994. Mineral levels in animal health: diagnostic data. 2^e édition. Sherpa International. Colombie Britannique, Canada. 356 pages.

Van der Berg, R., Levels, F.H. et Van der Schee, W. 1983. Breed differences in sheep with respect to the accumulation of copper in the liver. *Vet. Q.* 5 (1): 26-31.

4. CONCLUSIONS DU PROJET

Globalement, les aliments produits sur les terres québécoises et analysés dans le cadre de cette étude ne présentaient pas de teneur en cuivre pouvant être considérée comme problématique pour les ovins. Toutefois, l'application de lisier de porc semble être associée à une teneur en cuivre des plantes qui y poussent plus élevée. Bien que nous ne soyons pas en mesure, pour l'instant, de conclure que cette pratique comporte un risque d'intoxication chez les ovins, elle demeure tout de même préoccupante pour la production d'aliments destinés à cette espèce particulièrement sensible au cuivre. Finalement, la présente étude ne permet pas de croire, à la lumière de l'échantillonnage réalisé, que la surcharge hépatique en cuivre des agneaux lourds est une problématique répandue au Québec.

ANNEXE I

Questionnaire destiné aux producteurs agricoles ayant soumis
leurs échantillons d'aliment pour analyse chez Bélisle Solution Nutrition

Été 2005

Étude de la problématique de surcharge hépatique en cuivre chez les agneaux lourds

Bonjour,

Nous vous remercions de participer à la présente étude. Voici quelques éléments qui vous permettront de comprendre l'importance que nous accordons aux échantillons que vous nous transmettez.

Pourquoi ?

Connaître le contenu en cuivre, et d'autres minéraux, des aliments potentiellement disponibles pour les ovins.

Faire un lien entre le type de sol, la fertilisation et le contenu minéral des aliments.

Comment ?

Prise d'échantillons d'aliments par les représentants de la compagnie Bélisle un peu partout au Québec.

Questionnaire sur les caractéristiques de la ferme où ont été produits les aliments.

Analyses au Laboratoire Bélisle.

Quand ?

Entre juillet et novembre 2005.

Les résultats ?

Ils seront disponibles au début de l'année 2006 et seront publiés dans Ovin Québec et sur le site d'Agri-Réseau dès que possible.

Merci encore une fois de l'aide que vous nous apportez. Je tiens à vous rappeler qu'il ne sera en aucun cas possible de retracer la provenance des échantillons lors de la présentation de résultats. Votre participation à cette étude est strictement confidentielle. Seul votre représentant Bélisle aura accès aux résultats pour faire le suivi des analyses à la ferme. Si vous avez quelque question que ce soit, vous pouvez communiquer avec moi,

Marie-Ève Fortier



Étude de la problématique de surcharge hépatique en cuivre chez les agneaux lourds

Renseignements généraux

Numéro fiche d'identification : _____

Entreprise

Nom : _____
 Adresse : _____
 Téléphone : _____

Conseiller

Nom : _____
 Numéro : _____

Consentement à la divulgation des résultats

Je consens à ce que les résultats recueillis soient utilisés à des fins de recherche.

Signature : _____ Date : _____

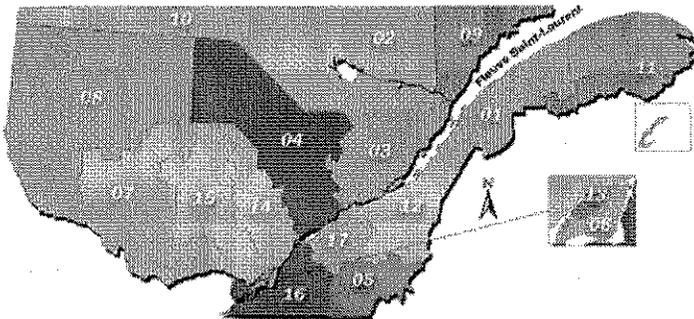
Les résultats recueillis ne seront utilisés qu'à des fins de recherche et seront gardés confidentiels

Dans quelle région se situe votre entreprise ?

- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| A) Bas-St-Laurent (1) | I) Côte-Nord (9) |
| B) Saguenay-Lac-St-Jean (2) | J) Nord du Québec (10) |
| C) Capitale Nationale (3) | K) Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11) |
| D) Mauricie (4) | L) Chaudière-Appalaches (12) |
| E) Estrie (5) | M) Laval (13) |
| F) Montréal (6) | N) Lanaudière (14) |
| G) Outaouais (7) | O) Laurentides (15) |
| H) Abitibi-Témiscamingue (8) | P) Montérégie (16) |
| | Q) Centre du Québec (17) |

Quelle(s) est (sont) la (les) principale(s) production(s) de votre entreprise ?

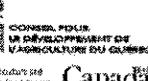
- | | |
|------------------------|----------------------------|
| A) Ovins | D) Porcins |
| B) Bovins laitiers | E) Volailles |
| C) Bovins de boucherie | F) Autre, précisez : _____ |



Commentaires :



Centre d'expertise en production ovine du Québec



Agriculture, Pêcheries et Alimentation



Faculté de médecine vétérinaire Université th de Montréal

*Veillez utiliser les choix de réponses suivants pour chacun des échantillons et indiquer les réponses aux endroits appropriés sur la fiche d'identification des échantillons. S'il est impossible de donner une réponse précise à une question, utilisez la valeur moyenne pour la ferme. **Indiquez la source des réponses dans la section commentaires de la page précédente** (PAEF, PAEV ou valeur moyenne de la ferme).*

1. Quel est le type d'aliment analysé ?

- | | |
|---|---|
| A) Fourrage graminées 1 ^{re} coupe | H) Fourrage légumineuses 2 ^o coupe |
| B) Fourrage graminées 2 ^o coupe | I) Fourrage légumineuses 3 ^o coupe |
| C) Fourrage graminées 3 ^o coupe | J) Ensilage de maïs |
| D) Fourrage mélangé 1 ^{re} coupe, précisez | K) Avoine |
| E) Fourrage mélangé 2 ^o coupe, précisez | L) Orge |
| F) Fourrage mélangé 3 ^o coupe, précisez | M) Blé |
| G) Fourrage légumineuses 1 ^{re} coupe | N) Maïs-grain |
| | O) Autre, précisez |

2. Quelle fertilisation organique a été utilisée sur le champ d'où provient l'échantillon ?

Donnez la composition N-P-K et MO ainsi que la quantité appliquée (t / ha)

- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| A) Fumier ovin | G) Fumier caprin |
| B) Fumier bovin laitier | H) Fumier équin |
| C) Lisier bovin laitier | I) Fumier de volaille |
| D) Fumier bovin de boucherie | J) Compost, précisez |
| E) Lisier porcin | K) Boues, précisez |
| F) Fumier porcin | L) Aucune |
| | M) Autre, précisez |

3. Quelle fertilisation minérale a été utilisée sur le champ d'où provient l'échantillon ?

Indiquez la composition de l'engrais minéral (N-P-K)

Indiquez la quantité appliquée (t / ha)

Indiquez s'il y a eu utilisation de cendres (C), de sulfate de cuivre (SC) ou d'oxy-sulfate de manganèse (OSM) et les quantités appliquées

4. Est-ce que les mêmes types de fertilisants ont été utilisés au cours des années passées ?

Si non, spécifiez ce qui a été utilisé

5. Quelle est la texture du sol ?

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| A) Argile lourde | G) Loam limoneux |
| B) Argile | H) Loam sableux |
| C) Argile limoneuse | I) Loam limoneux argileux |
| D) Argile sableuse | J) Loam sableux argileux |
| E) Loam | K) Limon |
| F) Loam argileux | L) Sable |
| | M) Sable loameux |

6. Quel est le pH du sol ?

7. Quel est la quantité de matière organique contenue dans le sol ?

- | | |
|-------------------|----------------|
| A) Moins de 2 % | C) Plus de 5 % |
| B) Entre 2 et 5 % | D) Inconnue |

Étude de la problématique de surcharge hépatique en cuivre chez les agneaux lourds

Fiche d'identification

Nom du conseiller : _____

Nom de l'entreprise : _____

No. de l'échantillon
(tel que sur l'étiquette, ex. : CEPOQ 1) _____

1. Aliment analysé : _____

2. Fertilisation organique : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha

3. Fertilisation minérale : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha
C : _____ SC : _____ OSM : _____

4. Fertilisation des années passées : _____

5. Texture du sol : _____

6. pH du sol : _____

7. MO du sol : _____

No. de l'échantillon
(tel que sur l'étiquette, ex. : CEPOQ 1) _____

1. Aliment analysé : _____

2. Fertilisation organique : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha

3. Fertilisation minérale : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha
C : _____ SC : _____ OSM : _____

4. Fertilisation des années passées : _____

5. Texture du sol : _____

6. pH du sol : _____

7. MO du sol : _____

No. de l'échantillon
(tel que sur l'étiquette, ex. : CEPOQ 1) _____

1. Aliment analysé : _____

2. Fertilisation organique : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha

3. Fertilisation minérale : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha
C : _____ SC : _____ OSM : _____

4. Fertilisation des années passées : _____

5. Texture du sol : _____

6. pH du sol : _____

7. MO du sol : _____

No. de l'échantillon
(tel que sur l'étiquette, ex. : CEPOQ 1) _____

1. Aliment analysé : _____

2. Fertilisation organique : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha

3. Fertilisation minérale : _____
Quantité appliquée : _____ t / ha
C : _____ SC : _____ OSM : _____

4. Fertilisation des années passées : _____

5. Texture du sol : _____

6. pH du sol : _____

7. MO du sol : _____



CEPOQ
Centre d'expertise
en production ovine
du Québec



CDAGQ
Centre de développement
de l'agriculture du Québec

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**



Faculté de médecine vétérinaire Université de Montréal

Marie-Ève Fortier, Responsable en recherche et Chargée de projet, CEPOQ
1642 rue de la Ferme, La Pocatière, Québec, G0R 1Z0 tél : (418) 856-1200 poste 223 téléc : (418) 856-6247
marie-eve.fortier@cepoq.com www.cepoq.com

ANNEXE II

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

Banque de référence
Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises
 2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ.

Données	Espèce végétale										
	Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
Nombre d'échantillons	11	6	6	512	178	163	14	80	29	1	17
Humidité moyenne (%)	15,21	13,67	43,10	52,86	63,02	15,93	16,29	25,56	15,97	12,10	12,70
Écart-type de Humidité (%)	3,81	1,61	17,63	12,99	6,90	7,33	4,06	8,07	4,52	#DIV/0!	3,22
Protéine brute moyenne (%)	15,11	18,18	14,77	18,33	9,40	13,21	15,01	10,20	13,54	7,10	39,22
Écart-type de Protéine brute (%)	2,17	1,15	2,29	3,22	0,78	3,00	2,63	0,86	1,34	#DIV/0!	4,35
Fibre ADF moyenne (%)	13,56	4,35	36,23	33,06	22,46	38,67	12,89	3,48	10,74	45,40	5,30
Écart-type de Fibre ADF (%)	4,05	1,21	3,06	3,64	3,99	4,83	6,60	1,95	2,39	#DIV/0!	4,81
Fibre NDF moyenne (%)	23,84	8,43	56,08	48,72	40,28	63,42	24,68	9,71	24,20	72,50	12,13
Écart-type de Fibre NDF (%)	6,97	2,98	5,86	6,49	6,05	42,29	13,28	4,09	4,53	#DIV/0!	6,10
Calcium moyen (%)	0,16	0,12	0,75	1,20	0,20	1,03	0,15	0,09	0,13	0,39	0,21
Écart-type de Calcium (%)	0,02	0,02	0,19	0,26	0,05	4,18	0,04	0,03	0,02	#DIV/0!	0,02
Phosphore moyen (%)	0,43	0,43	0,29	0,30	0,25	0,29	0,42	0,29	0,42	0,24	0,63
Écart-type de Phosphore (%)	0,04	0,01	0,04	0,03	0,01	0,05	0,04	0,03	0,03	#DIV/0!	0,14
Magnésium moyen (%)	0,18	0,19	0,21	0,32	0,20	0,22	0,18	0,13	0,18	0,13	0,25
Écart-type de Magnésium (%)	0,02	0,01	0,05	1,45	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	#DIV/0!	0,03
Potassium moyen (%)	0,48	0,43	2,59	2,47	1,01	2,07	0,51	0,37	0,54	1,54	1,59
Écart-type de Potassium (%)	0,07	0,02	0,39	0,44	0,13	0,50	0,07	0,05	0,04	#DIV/0!	0,43
Cuivre moyen (ppm)	5,35	4,22	7,83	9,00	5,08	6,85	4,09	2,84	5,19	2,05	15,16
Écart-type de Cuivre (ppm)	2,42	2,29	2,24	2,84	2,12	2,43	1,38	1,82	2,38	#DIV/0!	3,02
Fer moyen (ppm)	62,0	54,6	649,2	359,3	302,0	200,5	77,2	45,2	105,9	138,0	120,6
Écart-type de Fer (ppm)	16,1	30,4	561,7	359,7	722,7	126,0	54,1	39,6	126,5	#DIV/0!	50,2
Zinc moyen (ppm)	42,90	56,78	30,80	29,36	25,66	25,51	41,45	22,54	42,94	50,50	48,18
Écart-type de Zinc (ppm)	3,99	7,19	6,04	8,64	12,53	8,06	6,60	5,33	8,85	#DIV/0!	8,47
Molybdène moyen (ppm)	0,79	0,62	1,10	1,15	0,41	1,14	0,87	0,43	0,50	0,60	3,45
Écart-type de Molybdène (ppm)	0,72	0,29	0,82	0,69	0,22	0,70	0,32	1,35	0,30	#DIV/0!	3,16
Soufre moyen (%)	0,19	0,17	0,20	0,25	0,11	0,19	0,17	0,11	0,14	0,13	0,36
Écart-type de Soufre (%)	0,02	0,01	0,03	0,08	0,04	0,05	0,02	0,03	0,02	#DIV/0!	0,16

Moyenne = somme de la valeur de toutes les données divisée par le nombre de ces données

Écart-type = mesure de la dispersion des observations autour de la moyenne. Si la distribution est normale, on retrouve 68% des données entre (moyenne - 1 écart-type) et (moyenne + 1 écart-type), 95% des données entre (moyenne - 2 écarts-types) et (moyenne + 2 écarts-types), et finalement, plus de 99% des données entre (moyenne - 3 écarts-type) et (moyenne + 3 écarts-types)

exemple: Si la moyenne = 10 et que l'écart-type = 2... Alors, 68% des données sont entre 8 et 12, 95% sont entre 6 et 14, et plus de 99% sont entre 4 et 16.

Ainsi, plus l'écart-type est faible, plus la valeur des échantillons se ressemblent.

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
1: Bas-St-Laurent	Nombre d'échantillons	4		1	120	24	23	4	4	7		
	Humidité moyenne (%)	18,25		22,60	52,63	63,41	14,49	17,28	27,65	19,30		
	Écart-type de Humidité (%)	3,60		#DIV/0!	12,20	4,95	3,52	3,07	4,31	7,57		
	Protéine brute moyenne (%)	14,40		18,00	17,32	9,45	11,83	12,88	10,20	14,11		
	Écart-type de Protéine brute (%)	2,36		#DIV/0!	3,14	0,69	1,95	1,98	0,18	1,73		
	Fibre ADF moyenne (%)	14,45		31,90	33,09	20,49	39,53	17,95	3,05	10,76		
	Écart-type de Fibre ADF (%)	4,77		#DIV/0!	3,01	2,68	2,98	9,95	0,42	2,06		
	Fibre NDF moyenne (%)	24,23		45,70	49,51	38,52	61,64	34,48	8,90	24,03		
	Écart-type de Fibre NDF (%)	7,20		#DIV/0!	5,84	4,09	5,40	17,36	0,36	3,64		
	Calcium moyen (%)	0,16		1,00	1,15	0,19	0,70	0,15	0,08	0,14		
	Écart-type de Calcium (%)	0,02		#DIV/0!	0,27	0,04	0,20	0,02	0,01	0,02		
	Phosphore moyen (%)	0,41		0,33	0,29	0,25	0,26	0,40	0,28	0,43		
	Écart-type de Phosphore (%)	0,05		#DIV/0!	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,04		
	Magnésium moyen (%)	0,17		0,29	0,52	0,20	0,23	0,18	0,13	0,18		
	Écart-type de Magnésium (%)	0,02		#DIV/0!	2,99	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01		
	Potassium moyen (%)	0,46		3,10	2,29	0,98	1,69	0,55	0,35	0,54		
	Écart-type de Potassium (%)	0,04		#DIV/0!	0,39	0,14	0,44	0,09	0,04	0,04		
	Cuivre moyen (ppm)	6,51		9,93	8,84	4,42	6,36	3,88	3,68	4,95		
	Écart-type de Cuivre (ppm)	1,18		#DIV/0!	2,58	1,69	2,70	0,87	0,78	0,91		
	Fer moyen (ppm)	65,0		166,0	274,0	444,7	124,7	116,7	35,1	169,1		
Écart-type de Fer (ppm)	12,6		#DIV/0!	218,7	616,0	40,1	94,0	6,0	208,0			
Zinc moyen (ppm)	44,30		34,00	28,11	27,95	23,31	37,35	20,83	38,17			
Écart-type de Zinc (ppm)	3,73		#DIV/0!	7,65	4,36	5,12	4,59	1,99	3,78			
Molybdène moyen (ppm)	0,31		0,24	1,08	0,37	0,97	0,74	0,28	0,45			
Écart-type de Molybdène (ppm)	0,38		#DIV/0!	0,77	0,19	0,87	0,15	0,31	0,29			
Soufre moyen (%)	0,19		0,22	0,23	0,11	0,16	0,16	0,12	0,15			
Écart-type de Soufre (%)	0,01		#DIV/0!	0,07	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02			
2 : Saguenay-Lac-St-Jean	Nombre d'échantillons				25		7			2		
	Humidité moyenne (%)				46,38		17,46			14,95		

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale												
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya		
	Écart-type de Humidité (%)				13,35		4,00				1,34			
	Protéine brute moyenne (%)				17,40		14,54				12,65			
	Écart-type de Protéine brute (%)				3,00		3,68				0,64			
	Fibre ADF moyenne (%)				33,48		37,90				10,70			
	Écart-type de Fibre ADF (%)				3,70		1,99				1,84			
	Fibre NDF moyenne (%)				50,44		55,99				23,60			
	Écart-type de Fibre NDF (%)				8,15		7,08				3,54			
	Calcium moyen (%)				1,20		0,91				0,13			
	Écart-type de Calcium (%)				0,28		0,35				0,02			
	Phosphore moyen (%)				0,28		0,28				0,41			
	Écart-type de Phosphore (%)				0,03		0,04				0,01			
	Magnésium moyen (%)				0,26		0,23				0,17			
	Écart-type de Magnésium (%)				0,04		0,03				0,00			
	Potassium moyen (%)				2,23		2,15				0,52			
	Écart-type de Potassium (%)				0,43		0,31				0,01			
	Cuivre moyen (ppm)				8,41		5,86				6,21			
	Écart-type de Cuivre (ppm)				3,67		3,42				3,17			
	Fer moyen (ppm)				263,4		159,4				55,0			
	Écart-type de Fer (ppm)				145,5		46,6				13,4			
	Zinc moyen (ppm)				28,40		21,23				35,70			
	Écart-type de Zinc (ppm)				8,95		3,39				1,70			
	Molybdène moyen (ppm)				1,45		1,46				0,79			
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,67		0,94				0,03			
	Soufre moyen (%)				0,21		0,17				0,13			
	Écart-type de Soufre (%)				0,05		0,05				0,01			
3 : Capitale Nationale	<i>Nombre d'échantillons</i>				4		3		1		1			
	Humidité moyenne (%)				60,58		63,37		17,50		17,30			
	Écart-type de Humidité (%)				8,07		3,46		#DIV/0!		#DIV/0!			
	Protéine brute moyenne (%)				21,50		9,90		18,40		10,50			
	Écart-type de Protéine brute (%)				1,91		1,21		#DIV/0!		#DIV/0!			

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Fibre ADF moyenne (%)				32,98	24,03	34,70		3,10			
	Écart-type de Fibre ADF (%)				3,83	2,28	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Fibre NDF moyenne (%)				43,33	42,97	47,70		7,60			
	Écart-type de Fibre NDF (%)				5,36	2,99	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Calcium moyen (%)				1,43	0,22	1,07		0,09			
	Écart-type de Calcium (%)				0,08	0,04	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Phosphore moyen (%)				0,32	0,26	0,32		0,32			
	Écart-type de Phosphore (%)				0,01	0,02	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Magnésium moyen (%)				0,27	0,21	0,27		0,13			
	Écart-type de Magnésium (%)				0,01	0,00	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Potassium moyen (%)				2,90	1,08	2,75		0,37			
	Écart-type de Potassium (%)				0,12	0,10	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Cuivre moyen (ppm)				9,34	6,28	9,39		0,68			
	Écart-type de Cuivre (ppm)				1,45	2,42	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Fer moyen (ppm)				304,6	289,0	76,9		36,0			
	Écart-type de Fer (ppm)				277,8	195,1	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Zinc moyen (ppm)				30,90	28,00	22,60		25,40			
	Écart-type de Zinc (ppm)				5,28	5,31	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Molybdène moyen (ppm)				0,84	0,28	0,04		0,01			
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,59	0,24	#DIV/0!		#DIV/0!			
	Soufre moyen (%)				0,28	0,12	0,23		0,11			
	Écart-type de Soufre (%)				0,02	0,01	#DIV/0!		#DIV/0!			
4 : Mauricie	<i>Nombre d'échantillons</i>				5	5	2		6			
	Humidité moyenne (%)				53,82	64,36	14,00		26,52			
	Écart-type de Humidité (%)				9,01	5,04	1,41		5,71			
	Protéine brute moyenne (%)				20,76	9,26	13,20		11,12			
	Écart-type de Protéine brute (%)				2,05	0,50	0,14		0,92			
	Fibre ADF moyenne (%)				31,94	24,94	40,90		2,85			
	Écart-type de Fibre ADF (%)				2,73	5,73	0,99		0,70			
	Fibre NDF moyenne (%)				42,48	43,30	64,10		7,32			

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



FINANÇÉ PAR : Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, Canada

Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Écart-type de Fibre NDF (%)				4,45	7,75	0,14		2,15			
	Calcium moyen (%)				1,38	0,21	0,57		0,07			
	Écart-type de Calcium (%)				0,17	0,06	0,07		0,02			
	Phosphore moyen (%)				0,31	0,25	0,33		0,32			
	Écart-type de Phosphore (%)				0,02	0,01	0,02		0,03			
	Magnésium moyen (%)				0,26	0,19	0,21		0,14			
	Écart-type de Magnésium (%)				0,03	0,02	0,00		0,01			
	Potassium moyen (%)				2,87	1,05	2,47		0,38			
	Écart-type de Potassium (%)				0,22	0,17	0,15		0,03			
	Cuivre moyen (ppm)				9,92	5,34	7,68		3,03			
	Écart-type de Cuivre (ppm)				1,32	1,47	1,41		1,64			
	Fer moyen (ppm)				230,0	572,4	242,0		33,1			
	Écart-type de Fer (ppm)				144,6	492,5	49,5		6,5			
	Zinc moyen (ppm)				29,30	25,36	25,95		27,30			
	Écart-type de Zinc (ppm)				4,90	5,91	3,61		6,78			
	Molybdène moyen (ppm)				0,71	0,29	0,40		0,34			
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,23	0,17	0,07		0,11			
	Soufre moyen (%)				0,28	0,13	0,21		0,13			
	Écart-type de Soufre (%)				0,03	0,04	0,01		0,04			
5 : Estrie	<i>Nombre d'échantillons</i>	1	2	1	56	14	26		16	4		5
	Humidité moyenne (%)	15,50	12,45	32,00	50,14	62,73	15,02		20,50	14,75		11,56
	Écart-type de Humidité (%)	#DIV/0!	0,78	#DIV/0!	13,01	3,65	3,37		5,12	0,60		1,60
	Protéine brute moyenne (%)	15,20	17,75	13,00	17,58	9,34	11,76		10,11	12,95		35,22
	Écart-type de Protéine brute (%)	#DIV/0!	0,49	#DIV/0!	3,09	0,85	2,78		0,76	1,41		5,93
	Fibre ADF moyenne (%)	13,90	4,95	38,00	32,58	23,96	38,95		3,03	10,83		0,00
	Écart-type de Fibre ADF (%)	#DIV/0!	0,35	#DIV/0!	4,15	3,57	4,03		0,60	3,81		0,00
	Fibre NDF moyenne (%)	25,50	10,10	55,10	50,66	43,23	62,87		9,01	24,95		
	Écart-type de Fibre NDF (%)	#DIV/0!	1,27	#DIV/0!	6,72	5,86	6,11		1,74	7,32		
	Calcium moyen (%)	0,16	0,13	0,77	1,08	0,20	0,54		0,09	0,13		0,20
	Écart-type de Calcium (%)	#DIV/0!	0,01	#DIV/0!	0,23	0,05	0,18		0,03	0,01		#DIV/0!

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Phosphore moyen (%)	0,43	0,43	0,25	0,30	0,25	0,29		0,30	0,42		0,62
	Écart-type de Phosphore (%)	#DIV/0!	0,01	#DIV/0!	0,04	0,02	0,05		0,03	0,02		#DIV/0!
	Magnésium moyen (%)	0,18	0,19	0,21	0,26	0,20	0,20		0,13	0,18		0,24
	Écart-type de Magnésium (%)	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	0,14	0,01	0,05		0,01	0,01		#DIV/0!
	Potassium moyen (%)	0,50	0,43	2,43	2,44	1,07	1,91		0,36	0,54		1,89
	Écart-type de Potassium (%)	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	0,39	0,13	0,59		0,04	0,06		#DIV/0!
	Cuivre moyen (ppm)	9,23	2,90	10,70	8,66	5,92	6,53		2,46	4,87		16,19
	Écart-type de Cuivre (ppm)	#DIV/0!	2,90	#DIV/0!	2,27	2,06	2,03		2,25	1,82		3,87
	Fer moyen (ppm)	89,7	44,9	341,0	415,3	230,9	220,8		54,9	59,1		171,1
	Écart-type de Fer (ppm)	#DIV/0!	13,9	#DIV/0!	472,0	144,2	120,0		51,0	24,3		66,3
	Zinc moyen (ppm)	45,70	54,30	39,00	33,13	21,77	23,85		21,63	40,90		50,98
	Écart-type de Zinc (ppm)	#DIV/0!	13,15	#DIV/0!	14,42	6,28	4,17		5,82	7,33		8,02
	Molybdène moyen (ppm)	2,10	0,50	0,80	1,40	0,40	1,07		0,27	0,48		4,21
	Écart-type de Molybdène (ppm)	#DIV/0!	0,42	#DIV/0!	0,96	0,23	0,65		0,15	0,20		5,04
	Soufre moyen (%)	0,19	0,16	0,20	0,26	0,14	0,20		0,10	0,14		0,45
	Écart-type de Soufre (%)	#DIV/0!	0,01	#DIV/0!	0,12	0,08	0,06		0,01	0,01		0,28
7 : Outaouais	<i>Nombre d'échantillons</i>	3		1	4	4	9		1	4		
	Humidité moyenne (%)	12,43		69,00	47,60	64,88	14,92		25,00	13,73		
	Écart-type de Humidité (%)	1,00		#DIV/0!	15,13	4,55	2,99		#DIV/0!	0,76		
	Protéine brute moyenne (%)	15,07		11,60	17,00	10,35	14,60		11,30	14,10		
	Écart-type de Protéine brute (%)	2,16		#DIV/0!	2,65	0,96	2,64		#DIV/0!	0,94		
	Fibre ADF moyenne (%)	14,90		37,20	36,90	23,68	40,18		2,90	12,20		
	Écart-type de Fibre ADF (%)	3,75		#DIV/0!	2,13	1,97	2,45		#DIV/0!	3,28		
	Fibre NDF moyenne (%)	26,43		62,50	53,73	43,05	59,72		9,10	26,33		
	Écart-type de Fibre NDF (%)	6,68		#DIV/0!	4,66	4,62	5,79		#DIV/0!	6,06		
	Calcium moyen (%)	0,15		0,48	1,17	0,26	0,88		0,08	0,13		
	Écart-type de Calcium (%)	0,03		#DIV/0!	0,29	0,03	0,19		#DIV/0!	0,01		
	Phosphore moyen (%)	0,44		0,25	0,30	0,27	0,29		0,33	0,42		
	Écart-type de Phosphore (%)	0,05		#DIV/0!	0,04	0,02	0,04		#DIV/0!	0,01		
	Magnésium moyen (%)	0,19		0,15	0,25	0,24	0,24		0,13	0,18		

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Écart-type de Magnésium (%)	0,03		#DIV/0!	0,04	0,01	0,03		#DIV/0!	0,01		
	Potassium moyen (%)	0,53		1,95	2,52	1,25	2,04		0,40	0,56		
	Écart-type de Potassium (%)	0,09		#DIV/0!	0,49	0,06	0,37		#DIV/0!	0,04		
	Cuivre moyen (ppm)	2,55		8,44	7,44	4,50	7,67		2,42	6,65		
	Écart-type de Cuivre (ppm)	1,96		#DIV/0!	3,01	3,38	3,51		#DIV/0!	3,99		
	Fer moyen (ppm)	50,8		1142,0	387,0	170,0	225,8		28,7	46,7		
	Écart-type de Fer (ppm)	10,3		#DIV/0!	261,1	21,8	238,2		#DIV/0!	11,2		
	Zinc moyen (ppm)	40,77		24,30	31,15	23,55	22,66		36,90	50,20		
	Écart-type de Zinc (ppm)	6,35		#DIV/0!	6,57	7,97	6,27		#DIV/0!	11,15		
	Molybdène moyen (ppm)	0,80		0,52	0,85	0,37	0,93		0,11	0,41		
	Écart-type de Molybdène (ppm)	0,55		#DIV/0!	0,37	0,17	0,53		#DIV/0!	0,36		
	Soufre moyen (%)	0,19		0,15	0,19	0,12	0,21		0,11	0,14		
	Écart-type de Soufre (%)	0,02		#DIV/0!	0,04	0,01	0,05		#DIV/0!	0,02		
11: Gaspésie-Îles-Madeleine	<i>Nombre d'échantillons</i>					2						
	Humidité moyenne (%)					56,45						
	Écart-type de Humidité (%)					4,45						
	Protéine brute moyenne (%)					17,90						
	Écart-type de Protéine brute (%)					2,40						
	Fibre ADF moyenne (%)					37,65						
	Écart-type de Fibre ADF (%)					3,04						
	Fibre NDF moyenne (%)					49,15						
	Écart-type de Fibre NDF (%)					4,60						
	Calcium moyen (%)					1,47						
	Écart-type de Calcium (%)					0,05						
	Phosphore moyen (%)					0,25						
	Écart-type de Phosphore (%)					0,01						
	Magnésium moyen (%)					0,27						
	Écart-type de Magnésium (%)					0,00						
	Potassium moyen (%)					2,10						
	Écart-type de Potassium (%)					0,16						

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale												
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya		
	Cuivre moyen (ppm)				10,59									
	Écart-type de Cuivre (ppm)				1,11									
	Fer moyen (ppm)				106,3									
	Écart-type de Fer (ppm)				11,0									
	Zinc moyen (ppm)				38,95									
	Écart-type de Zinc (ppm)				5,44									
	Molybdène moyen (ppm)				0,23									
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,28									
	Soufre moyen (%)				0,17									
	Écart-type de Soufre (%)				0,00									
12 : Chaudière-Appalaches	<i>Nombre d'échantillons</i>			1	74	26	11	3	7	6				
	Humidité moyenne (%)			58,50	55,03	63,37	12,64	15,13	30,16	14,12				
	Écart-type de Humidité (%)			#DIV/0!	10,60	7,52	1,44	1,20	7,06	1,17				
	Protéine brute moyenne (%)			14,80	19,22	9,43	12,57	16,50	10,76	13,53				
	Écart-type de Protéine brute (%)			#DIV/0!	3,31	0,59	2,49	3,56	1,13	1,30				
	Fibre ADF moyenne (%)			36,70	32,01	22,48	38,84	8,63	4,40	11,30				
	Écart-type de Fibre ADF (%)			#DIV/0!	3,02	3,33	4,08	6,21	2,56	1,57				
	Fibre NDF moyenne (%)			59,40	46,54	40,57	63,15	16,67	10,10	25,48				
	Écart-type de Fibre NDF (%)			#DIV/0!	5,98	4,97	6,39	11,79	5,72	4,19				
	Calcium moyen (%)			0,88	1,24	0,19	0,56	0,13	0,11	0,13				
	Écart-type de Calcium (%)			#DIV/0!	0,25	0,04	0,17	0,03	0,02	0,01				
	Phosphore moyen (%)			0,32	0,30	0,25	0,31	0,43	0,32	0,43				
	Écart-type de Phosphore (%)			#DIV/0!	0,03	0,01	0,04	0,02	0,06	0,04				
	Magnésium moyen (%)			0,20	0,26	0,20	0,21	0,18	0,14	0,18				
	Écart-type de Magnésium (%)			#DIV/0!	0,04	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01				
	Potassium moyen (%)			2,82	2,60	1,03	2,35	0,50	0,37	0,55				
	Écart-type de Potassium (%)			#DIV/0!	0,35	0,09	0,30	0,05	0,06	0,05				
	Cuivre moyen (ppm)			5,02	9,97	5,22	6,96	5,54	3,16	5,14				
	Écart-type de Cuivre (ppm)			#DIV/0!	3,63	2,29	2,60	1,02	2,13	2,99				
	Fer moyen (ppm)			369,0	351,8	147,0	205,5	62,2	41,4	167,1				

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Écart-type de Fer (ppm)			#DIV/0!	459,4	63,5	130,5	25,9	16,6	136,1		
	Zinc moyen (ppm)			25,90	30,46	23,32	25,67	47,33	24,40	46,25		
	Écart-type de Zinc (ppm)			#DIV/0!	7,96	7,57	3,27	8,78	4,91	6,04		
	Molybdène moyen (ppm)			2,17	1,19	0,44	1,24	0,82	0,31	0,64		
	Écart-type de Molybdène (ppm)			#DIV/0!	0,64	0,21	0,54	0,16	0,17	0,23		
	Soufre moyen (%)			0,23	0,26	0,11	0,20	0,17	0,11	0,14		
	Écart-type de Soufre (%)			#DIV/0!	0,11	0,02	0,09	0,02	0,02	0,01		
14 : Lanaudière	<i>Nombre d'échantillons</i>				14	13	4		4			
	Humidité moyenne (%)				53,65	58,15	13,63		32,73			
	Écart-type de Humidité (%)				9,39	7,84	1,11		4,62			
	Protéine brute moyenne (%)				20,89	9,31	13,30		11,03			
	Écart-type de Protéine brute (%)				2,51	0,36	2,24		0,50			
	Fibre ADF moyenne (%)				34,22	21,42	41,38		3,63			
	Écart-type de Fibre ADF (%)				4,39	3,44	3,23		0,28			
	Fibre NDF moyenne (%)				45,01	38,22	62,78		9,05			
	Écart-type de Fibre NDF (%)				5,69	5,17	9,42		0,42			
	Calcium moyen (%)				1,46	0,19	0,72		0,09			
	Écart-type de Calcium (%)				0,24	0,03	0,31		0,01			
	Phosphore moyen (%)				0,33	0,25	0,30		0,31			
	Écart-type de Phosphore (%)				0,03	0,01	0,02		0,02			
	Magnésium moyen (%)				0,29	0,20	0,20		0,14			
	Écart-type de Magnésium (%)				0,04	0,01	0,03		0,00			
	Potassium moyen (%)				2,90	1,00	2,35		0,40			
	Écart-type de Potassium (%)				0,23	0,09	0,29		0,02			
	Cuivre moyen (ppm)				10,43	5,24	7,13		4,57			
	Écart-type de Cuivre (ppm)				3,20	2,11	3,51		2,50			
	Fer moyen (ppm)				543,1	177,0	273,0		30,9			
Écart-type de Fer (ppm)				454,9	46,1	111,8		6,2				
Zinc moyen (ppm)				29,65	24,24	27,40		26,73				
Écart-type de Zinc (ppm)				6,40	5,91	1,96		4,57				

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



FINANÇÉ PAR: Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, Canada

Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Molybdène moyen (ppm)				1,01	0,36	0,69			3,30		
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,65	0,14	0,82			5,80		
	Soufre moyen (%)				0,27	0,10	0,19			0,12		
	Écart-type de Soufre (%)				0,05	0,01	0,02			0,02		
15 : Laurentides	<i>Nombre d'échantillons</i>				52	23	11			7	1	
	Humidité moyenne (%)				48,66	62,19	14,70			27,49	13,40	
	Écart-type de Humidité (%)				16,32	9,27	3,73			4,77	#DIV/0!	
	Protéine brute moyenne (%)				18,70	9,79	13,31			10,69	15,30	
	Écart-type de Protéine brute (%)				4,02	1,02	1,74			0,58	#DIV/0!	
	Fibre ADF moyenne (%)				33,51	22,43	38,39			3,17	8,60	
	Écart-type de Fibre ADF (%)				3,52	4,85	1,51			1,00	#DIV/0!	
	Fibre NDF moyenne (%)				48,92	39,77	60,23			8,13	20,40	
	Écart-type de Fibre NDF (%)				8,23	7,81	4,56			2,01	#DIV/0!	
	Calcium moyen (%)				1,22	0,21	0,72			0,08	0,13	
	Écart-type de Calcium (%)				0,27	0,06	0,18			0,02	#DIV/0!	
	Phosphore moyen (%)				0,30	0,25	0,29			0,32	0,42	
	Écart-type de Phosphore (%)				0,04	0,02	0,02			0,03	#DIV/0!	
	Magnésium moyen (%)				0,26	0,21	0,22			0,14	0,18	
	Écart-type de Magnésium (%)				0,04	0,03	0,03			0,01	#DIV/0!	
	Potassium moyen (%)				2,50	0,99	2,01			0,37	0,53	
	Écart-type de Potassium (%)				0,60	0,17	0,51			0,05	#DIV/0!	
	Cuivre moyen (ppm)				8,64	5,24	7,82			2,83	2,95	
	Écart-type de Cuivre (ppm)				2,94	1,76	1,85			1,76	#DIV/0!	
	Fer moyen (ppm)				471,8	277,5	192,4			40,7	59,0	
	Écart-type de Fer (ppm)				383,0	356,5	103,2			12,8	#DIV/0!	
	Zinc moyen (ppm)				28,93	27,21	24,75			24,23	69,70	
	Écart-type de Zinc (ppm)				6,22	5,91	3,24			4,29	#DIV/0!	
Molybdène moyen (ppm)				1,12	0,40	1,34			0,29	0,45		
Écart-type de Molybdène (ppm)				0,65	0,20	0,78			0,15	#DIV/0!		
Soufre moyen (%)				0,24	0,10	0,18			0,11	0,16		

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Écart-type de Soufre (%)				0,07	0,01	0,03		0,01	#DIV/0!		
16 : Montérégie	Nombre d'échantillons	2	4	2	85	50	37	2	24	2		9
	Humidité moyenne (%)	11,50	14,28	38,25	53,66	64,55	16,04	13,35	25,79	13,50		12,27
	Écart-type de Humidité (%)	2,40	1,62	7,42	12,38	5,81	10,52	2,33	10,65	1,27		3,73
	Protéine brute moyenne (%)	17,60	18,40	15,60	19,72	9,25	14,61	16,40	9,63	13,25		40,78
	Écart-type de Protéine brute (%)	1,56	1,40	1,13	2,61	0,73	3,49	0,00	0,68	0,07		2,44
	Fibre ADF moyenne (%)	11,25	4,05	36,80	33,64	22,63	39,30	10,60	3,63	8,45		6,52
	Écart-type de Fibre ADF (%)	6,15	1,43	4,81	4,34	4,59	4,79	1,56	2,71	2,62		4,89
	Fibre NDF moyenne (%)	20,50	7,60	56,90	47,32	39,93	57,15	21,60	10,72	20,60		15,16
	Écart-type de Fibre NDF (%)	13,29	3,39	3,11	5,58	6,80	7,63	#DIV/0!	5,18	1,84		2,78
	Calcium moyen (%)	0,17	0,11	0,67	1,29	0,19	0,86	0,13	0,09	0,11		0,22
	Écart-type de Calcium (%)	0,04	0,02	0,10	0,19	0,04	0,29	0,03	0,04	0,00		0,01
	Phosphore moyen (%)	0,46	0,43	0,31	0,31	0,24	0,29	0,43	0,27	0,41		0,56
	Écart-type de Phosphore (%)	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01		0,05
	Magnésium moyen (%)	0,21	0,19	0,21	0,26	0,20	0,22	0,19	0,12	0,18		0,24
	Écart-type de Magnésium (%)	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01		0,01
	Potassium moyen (%)	0,50	0,42	2,62	2,68	0,98	2,33	0,47	0,37	0,53		1,79
	Écart-type de Potassium (%)	0,12	0,03	0,08	0,36	0,12	0,39	0,03	0,06	0,03		0,05
	Cuivre moyen (ppm)	4,95	4,89	6,44	9,53	5,19	7,08	3,10	2,52	2,32		16,11
	Écart-type de Cuivre (ppm)	1,43	2,04	0,58	2,35	2,01	2,30	2,95	1,34	1,49		1,60
	Fer moyen (ppm)	61,1	59,4	938,5	420,8	212,7	218,7	82,0	43,3	51,9		96,6
Écart-type de Fer (ppm)	26,7	37,1	871,9	387,6	206,6	130,5	15,3	37,3	32,0		15,6	
Zinc moyen (ppm)	41,35	58,03	30,80	27,86	24,30	25,25	45,25	19,82	40,50		50,48	
Écart-type de Zinc (ppm)	1,06	4,72	6,22	7,46	14,46	10,53	8,41	3,61	1,70		8,43	
Molybdène moyen (ppm)	1,47	0,68	1,44	1,08	0,43	1,33	1,40	0,26	0,87		2,84	
Écart-type de Molybdène (ppm)	0,16	0,26	0,93	0,53	0,25	0,71	0,37	0,17	0,18		2,36	
Soufre moyen (%)	0,22	0,18	0,19	0,26	0,11	0,19	0,19	0,11	0,14		0,32	
Écart-type de Soufre (%)	0,02	0,01	0,00	0,07	0,04	0,04	0,01	0,05	0,01		0,05	
17 : Centre-du-Québec	Nombre d'échantillons				52	15	23	5	10			2
	Humidité moyenne (%)				56,72	61,39	18,82	17,38	25,11			16,55

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Écart-type de Humidité (%)				11,87	9,62	8,90	6,04	7,76			1,91
	Protéine brute moyenne (%)				17,54	8,95	12,54	15,26	9,96			41,25
	Écart-type de Protéine brute (%)				2,34	0,77	2,22	2,42	0,63			1,06
	Fibre ADF moyenne (%)				31,67	22,67	37,97	12,30	4,01			3,85
	Écart-type de Fibre ADF (%)				3,25	3,15	3,77	2,26	2,61			5,44
	Fibre NDF moyenne (%)				49,09	40,77	62,23	21,65	11,56			4,00
	Écart-type de Fibre NDF (%)				5,66	4,93	5,98	6,71	5,61			#DIV/0!
	Calcium moyen (%)				1,10	0,18	0,53	0,16	0,10			0,22
	Écart-type de Calcium (%)				0,21	0,05	0,18	0,05	0,05			#DIV/0!
	Phosphore moyen (%)				0,30	0,25	0,31	0,44	0,28			0,89
	Écart-type de Phosphore (%)				0,03	0,01	0,03	0,06	0,02			#DIV/0!
	Magnésium moyen (%)				0,25	0,19	0,21	0,19	0,13			0,30
	Écart-type de Magnésium (%)				0,04	0,02	0,04	0,03	0,00			#DIV/0!
	Potassium moyen (%)				2,33	1,01	2,10	0,51	0,38			0,89
	Écart-type de Potassium (%)				0,38	0,13	0,37	0,07	0,04			#DIV/0!
	Cuivre moyen (ppm)				8,33	3,93	6,67	3,79	3,25			13,10
	Écart-type de Cuivre (ppm)				2,45	2,95	1,90	0,84	2,19			1,13
	Fer moyen (ppm)				361,4	226,4	173,7	52,8	65,5			106,5
	Écart-type de Fer (ppm)				310,7	145,4	81,4	4,3	79,3			30,5
	Zinc moyen (ppm)				30,04	33,10	27,38	39,68	22,51			39,75
	Écart-type de Zinc (ppm)				7,93	30,12	8,88	3,97	4,58			6,43
	Molybdène moyen (ppm)				1,23	0,54	1,08	0,79	0,27			4,87
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,52	0,22	0,45	0,30	0,14			1,58
	Soufre moyen (%)				0,24	0,11	0,19	0,17	0,10			0,31
	Écart-type de Soufre (%)				0,05	0,02	0,04	0,03	0,01			0,04
Nouveau-Brunswick	<i>Nombre d'échantillons</i>				15	1						
	Humidité moyenne (%)				61,99	64,10						
	Écart-type de Humidité (%)				16,21	#DIV/0!						
	Protéine brute moyenne (%)				16,75	10,50						
	Écart-type de Protéine brute (%)				2,03	#DIV/0!						

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Faculté de médecine vétérinaire



FINANCÉ PAR: Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, Canada

Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Fibre ADF moyenne (%)				35,87	28,40						
	Écart-type de Fibre ADF (%)				2,41	#DIV/0!						
	Fibre NDF moyenne (%)				53,62	48,40						
	Écart-type de Fibre NDF (%)				5,49	#DIV/0!						
	Calcium moyen (%)				1,08	0,26						
	Écart-type de Calcium (%)				0,28	#DIV/0!						
	Phosphore moyen (%)				0,31	0,24						
	Écart-type de Phosphore (%)				0,05	#DIV/0!						
	Magnésium moyen (%)				0,24	0,23						
	Écart-type de Magnésium (%)				0,03	#DIV/0!						
	Potassium moyen (%)				2,55	1,19						
	Écart-type de Potassium (%)				0,56	#DIV/0!						
	Cuivre moyen (ppm)				6,87	6,92						
	Écart-type de Cuivre (ppm)				2,11	#DIV/0!						
	Fer moyen (ppm)				219,1	8885,0						
	Écart-type de Fer (ppm)				196,7	#DIV/0!						
	Zinc moyen (ppm)				25,82	36,50						
	Écart-type de Zinc (ppm)				6,30	#DIV/0!						
	Molybdène moyen (ppm)				0,88	0,24						
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,42	#DIV/0!						
	Soufre moyen (%)				0,19	0,08						
	Écart-type de Soufre (%)				0,03	#DIV/0!						
États-Unis	<i>Nombre d'échantillons</i>				3		9				1	
	Humidité moyenne (%)				45,87		21,11				12,10	
	Écart-type de Humidité (%)				26,18		13,20				#DIV/0!	
	Protéine brute moyenne (%)				15,63		14,50				7,10	
	Écart-type de Protéine brute (%)				4,04		4,05				#DIV/0!	
	Fibre ADF moyenne (%)				37,50		32,91				45,40	
	Écart-type de Fibre ADF (%)				2,19		12,87				#DIV/0!	
	Fibre NDF moyenne (%)				52,53		113,92				72,50	

Banque de référence

Composition d'aliments produits sur les fermes québécoises

2006-2007



Cet outil a été produit dans le cadre du projet "Étude de la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds" grâce à l'appui financier du CDAQ

Attention aux aliments ayant un très faible nombre d'échantillons. Les valeurs obtenues sont moins représentatives.

Nombre d'échantillons faible.

Région	Données	Espèce végétale										
		Avoine	Blé	Ens. céréales	Ensilage herbe	Ensilage maïs	Foin	Grains mélangés	Maïs	Orge	Seigle	Soya
	Écart-type de Fibre NDF (%)				6,90		179,71					#DIV/0!
	Calcium moyen (%)				1,21		6,76					0,39
	Écart-type de Calcium (%)				0,31		17,71					#DIV/0!
	Phosphore moyen (%)				0,25		0,33					0,24
	Écart-type de Phosphore (%)				0,04		0,15					#DIV/0!
	Magnésium moyen (%)				0,27		0,27					0,13
	Écart-type de Magnésium (%)				0,02		0,04					#DIV/0!
	Potassium moyen (%)				1,98		1,74					1,54
	Écart-type de Potassium (%)				0,86		0,67					#DIV/0!
	Cuivre moyen (ppm)				9,86		6,45					2,05
	Écart-type de Cuivre (ppm)				5,12		2,93					#DIV/0!
	Fer moyen (ppm)				182,7		299,1					138,0
	Écart-type de Fer (ppm)				87,4		192,6					#DIV/0!
	Zinc moyen (ppm)				33,30		37,67					50,50
	Écart-type de Zinc (ppm)				5,01		12,16					#DIV/0!
	Molybdène moyen (ppm)				1,20		1,17					0,60
	Écart-type de Molybdène (ppm)				0,60		0,67					#DIV/0!
	Soufre moyen (%)				0,27		0,25					0,13
	Écart-type de Soufre (%)				0,09		0,05					#DIV/0!

ANNEXE III

5^e Journée de recherche en production ovine, 25 mai 2007

Présentation des résultats partiels

Étude de la Problématique de Surcharge Hépatique de Cuivre chez les Agneaux Lourds

HÉLÈNE MÉTHOT¹ ; DENISE BÉLANGER² ; ANNE LEBOEUF³ ;
YAN TURMINE⁴ ; DANY CING-MARS⁵

¹ CEPOQ ; ² FMV ; ³ CEPOQ ; ⁴ Les Concentrés Scientifiques Bélisle ; ⁵ MAPAQ.

Les ovins ont une sensibilité particulière au cuivre et l'accumulation d'une quantité trop importante de cuivre dans le foie peut entraîner une intoxication. En effet, l'atteinte du seuil de toxicité du cuivre dans le foie provoque des dommages importants aux cellules hépatiques qui se traduisent par une décharge massive de cuivre dans le sang. S'ensuit une crise hémolytique avec ictère qui se termine presque invariablement par la mort de l'animal.

Considérant la grande vulnérabilité des ovins face au cuivre, il est essentiel de sensibiliser les producteurs et intervenants à la problématique du cuivre et des minéraux qui influencent son absorption, soit le molybdène, le soufre, le fer et le zinc. Par l'étude des aliments produits sur les fermes québécoises ainsi que des pratiques et paramètres susceptibles de faire augmenter les niveaux de cuivre dans les plantes, il sera plus facile de faire des choix éclairés pour l'achat ou la production d'aliments moins à risque. Il est par ailleurs pertinent de quantifier la problématique chez les agneaux lourds élevés au Québec.

Objectifs

Général

Étudier la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds.

Spécifiques

- 1) Évaluer la teneur en cuivre, molybdène, soufre, fer et zinc des aliments produits sur les fermes québécoises (fourrages et céréales);
- 2) Identifier les facteurs associés à la production, à la ferme, d'aliments riches en cuivre (type de fertilisants, type d'aliments, type de sol, région de production...);
- 3) Estimer l'importance de la problématique « surcharge hépatique de cuivre » chez les agneaux lourds;

- 4) Vérifier l'existence d'une association entre la région d'origine et le statut hépatique en cuivre des agneaux lourds.

Protocole de Recherche

Phase 1 : Teneur en cuivre des aliments produits au Québec et destinés au bétail

Un questionnaire destiné aux producteurs agricoles qui soumettent leurs échantillons d'aliments pour analyse a été élaboré puis complété par le biais des représentants de la compagnie Concentrés Scientifiques Bélisle. Ces informations (région, sol, amendements, etc.), de même que les résultats d'analyse des composantes (dont le cuivre) réalisée par le laboratoire de Concentrés Scientifiques Bélisle, ont été

transmis au CEPOQ qui en a fait la compilation. Afin d'avoir un maximum d'unités des différents types d'aliments souhaités pour les analyses statistiques, des échantillons supplémentaires ont été inscrits à la base de données.

Phase 2 : Concentrations hépatiques en cuivre chez les agneaux lourds élevés au Québec

Un échantillonnage de 102 foies d'agneaux lourds a été réalisé (3 abattoirs, 28 troupeaux, 3 régions d'origine) pour une analyse exploratoire de la concentration en cuivre. À la lumière des résultats obtenus, un deuxième échantillonnage de 250 foies sera effectué au printemps 2007. Ce nouvel échantillonnage vise des agneaux engraisés au cours d'une saison différente (automne-hiver) afin de couvrir un maximum de facteurs pouvant affecter les résultats obtenus.

Les paramètres d'échantillonnage sont :

- cibler 3 abattoirs pour couvrir un maximum de régions (Luceville, Rousseau, Pouliot);
- limite de 4 foies par troupeau pour une même période d'échantillonnage.

À titre de suivi et en respectant les principes de la confidentialité, les producteurs des agneaux dont les foies présentaient une concentration hépatique particulièrement élevée, soit supérieure à 550 µg/g de MS, ont reçu une lettre les avisant de la situation et les invitant à communiquer avec la

responsable du projet au CEPOQ. Aucun appel n'a toutefois été reçu au moment de rédiger le présent article.

Résultats préliminaires et Discussion

Les résultats présentés dans le présent article sont préliminaires puisque des données additionnelles s'ajouteront au cours des prochains mois, ceci jusqu'à la fin du projet prévue pour décembre 2007.

Les aliments

À la lumière des données brutes (tableau 1), on note que les concentrations en cuivre (Cu) présentent une certaine variabilité (écart-type élevé par rapport à la moyenne). Toutefois, certains types d'aliments ont peu d'échantillons (ex. : blé), ce qui est plutôt limitatif d'un point de vue statistique. Selon le NRC (1985), le niveau tolérable maximum de cuivre se situe à 25 mg de Cu/kg MS (ppm) dans la ration des ovins. Le nouveau NRC (2007), quant à lui, suggère de réduire l'écart entre les besoins et le seuil possible de toxicité en établissant le niveau maximum tolérable à 15 ppm pour des rations contenant entre 1 et 2 ppm de molybdène et entre 0,15 et 0,25 % de soufre. Ces précisions sont pertinentes car l'absorption du Cu diminue lorsque le Mo, le S et le Zn augmentent. Sur cette base, le NRC (1985) rapporte, par exemple, que pour des niveaux extrêmement bas en Mo (<1ppm), une ration contenant 8 à 11 ppm de Cu peut être toxique.

Tableau 1. Concentrations (ppm) en cuivre et en molybdène d'aliments produits sur les fermes québécoises

Aliment	N	Minéraux	Médiane	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Avoine	11	Cu	6,0	5,3	2,4	1,3	9,2
		Mo	0,6	0,8	0,7	0,0	2,1
Blé	6	Cu	4,9	4,2	2,3	0,9	7,2
		Mo	0,6	0,6	0,3	0,2	1,0
Ensilage de céréales	6	Cu	7,6	7,8	2,2	5,0	10,7
		Mo	0,8	1,1	0,8	0,2	2,2
Ensilage d'herbe	504	Cu	8,9	9,0	2,8	1,5	22,6
		Mo	1,0	1,1	0,7	0,0	4,4
Ensilage de maïs	175	Cu	5,0	5,1	2,1	0,0	11,4
		Mo	0,4	0,4	0,2	0,0	1,0
Foin	159	Cu	6,8	6,9	2,4	1,5	13,6
		Mo	1,0	1,1	0,7	0,0	3,3
Grains mélangés	14	Cu	4,4	4,1	1,4	1,0	6,7
		Mo	0,8	0,9	0,3	0,5	1,7
Maïs	77	Cu	2,9	2,8	1,8	0,0	8,3
		Mo	0,3	0,4	1,3	0,0	12,0
Orge	29	Cu	5,0	5,2	2,4	1,3	10,5
		Mo	0,5	0,5	0,3	0,0	1,0
Seigle	1	Cu	2,1	2,1	-	2,1	2,1
		Mo	0,6	0,6	-	0,6	0,6
Fève de Soya	13	Cu	15,0	15,2	3,0	9,5	21,6
		Mo	1,9	3,4	3,2	0,8	11,7

Bien que le pH du sol influence la disponibilité des éléments nutritifs (Ziadi *et al.*, 2005) et, par le fait même, la captation de ceux-ci par les végétaux, aucun lien entre le pH et la concentration en cuivre des aliments n'a été mis en lumière (figure 1). En effet, on constate que la valeur du R^2 est très faible. De plus, lorsque l'exercice est répété en considérant les aliments

séparément, par exemple l'ensilage de maïs ou l'ensilage d'herbe seuls, aucun résultat plus concluant n'est observé. Ceci est sans doute dû au fait que la disponibilité du cuivre est réduite lorsque le pH du sol descend sous 5 ou monte au-delà de 7 (Ziadi *et al.*, 2005) alors que la vaste majorité des pH mesurés dans la présente étude se situent entre 5 et 7.

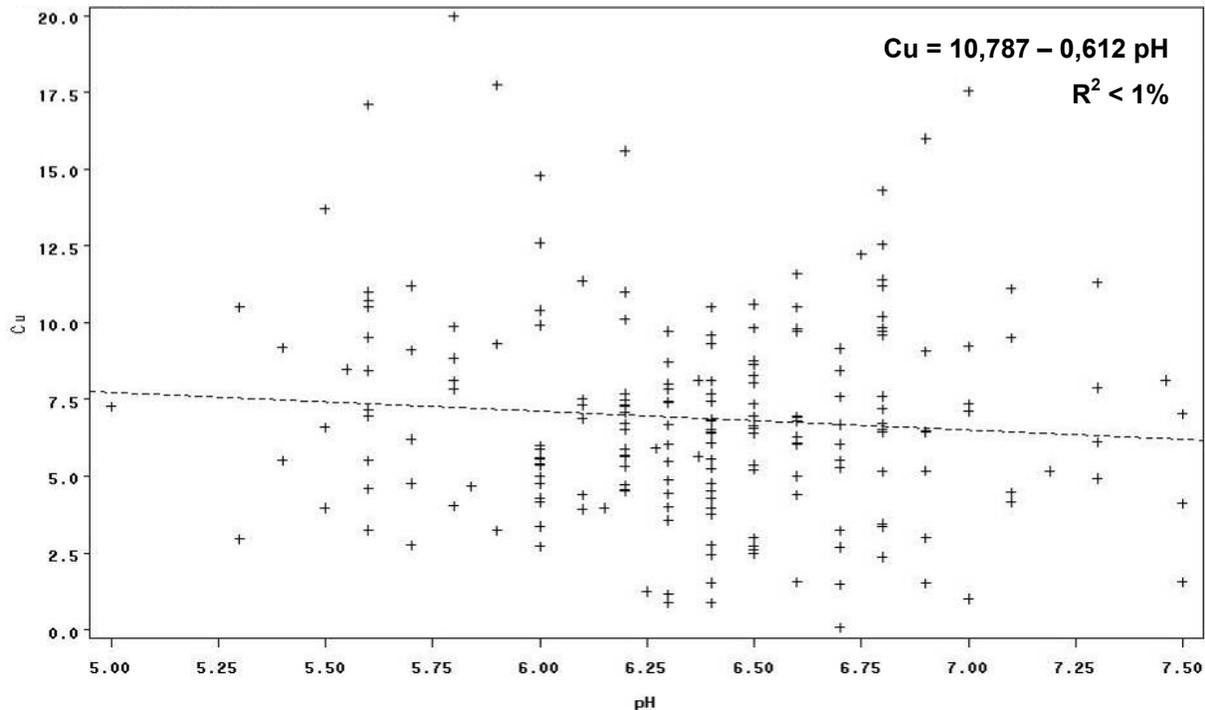


Figure 1. Distribution de la concentration en cuivre (ppm) des aliments analysés en fonction du pH du sol où l'aliment a été récolté

Lorsque le type de fumier (ovin, bovin laitier, bovin de boucherie et porcin) est mis en parallèle avec la concentration en cuivre des aliments récoltés (tableau 2), on constate que l'utilisation du purin de porc conduit à des concentrations en cuivre supérieures ($P < 0,01$). Par contre, l'échantillonnage demeure restreint et l'enquête ne permet pas de mettre en évidence certains paramètres, comme le type de porcheries, les apports de lisier au champ, le nombre d'années d'épandage d'un même type de fumier, etc., qui pourraient influencer les résultats.

Les foies

La problématique de surcharge hépatique en cuivre chez les agneaux lourds ne semble pas être généralisée (tableau 3) alors que seuls huit (8) agneaux sur 102 présentaient des concentrations élevées (plus de $500 \mu\text{g Cu/g MS}$) dont quatre (4)

au-dessus de $600 \mu\text{g Cu/g MS}$. Par ailleurs, puisque les propriétaires des animaux qui présentaient des concentrations plus élevées ne sont pas entrés en communication avec l'équipe de recherche, aucune information concernant d'éventuels facteurs de risque n'a pu être recueillie. Selon les sources consultées, les concentrations en cuivre considérées comme problématiques varient grandement (Puls, 1994; Kerr *et al.*, 1991). Toutefois, dans l'étude de Menzies *et al.* (2003), un seuil de $875 \mu\text{g Cu/g MS}$ a été considéré comme dangereux. Il a de plus été rapporté que des concentrations inférieures à ce seuil pouvaient être associées à des mortalités bien qu'un seul décès fut répertorié pour une concentration hépatique moyenne de $600 \mu\text{g Cu/g MS}$ chez les agneaux à l'étude (Van der Berg *et al.* 1983, cité par Menzies *et al.*, 2003).

Tableau 2. Concentrations en cuivre des aliments produits selon le type de fumier épandu

Type de fumier	N	Moyenne (ppm)	Écart-type (ppm)	Minimum (ppm)	Maximum (ppm)
Ovin	35	7,4	0,6	2,7	17,1
Bovin laitier	59	7,1	0,5	0,1	20,0
Bovin de boucherie	47	6,2	0,6	0,9	12,6
Porcin	9	10,2 *	1,2	7,4	15,6

* $P < 0,01$ Tableau 3. Concentrations hépatiques ($\mu\text{g/g MS}$) en cuivre et en molybdène chez des agneaux lourds produits au Québec (été automne 2006)

Variable	N	Médiane	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum	Coefficient Variation (%)
Cuivre	102	260	287	198	50	1500	68,9
Molybdène	102	3,8	3,7	0,7	1,9	5,7	19,9

Conclusion

Globalement, les aliments produits sur les terres québécoises et analysés dans le cadre de cette étude ne présentaient pas de teneur en cuivre pouvant être considérée comme problématique pour les ovins. Toutefois, l'application de lisier de porc semble être associée à une teneur en cuivre des plantes qui y poussent plus élevée. Par contre, nous ne sommes pas en mesure, pour l'instant, de conclure que cette pratique comporte un risque d'intoxication chez les ovins. Finalement, la présente étude ne permet pas de croire, à la lumière du premier échantillonnage, que la surcharge hépatique en cuivre des agneaux lourds est une problématique répandue au Québec. D'autres foies sont présentement en voie d'être analysés pour préciser cette information. L'ensemble des conclusions issues du présent projet seront disponibles à la fin de l'année 2007.

Financement

Merci au CDAQ et à la compagnie Les Concentrés Scientifiques Bélisle inc.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le CEPOQ et plus particulièrement M. Robie Morel qui a accepté de prélever des échantillons de foie et d'aliments. Les auteurs tiennent à remercier également la compagnie Bélisle, ainsi que tous ses représentants, pour la récolte d'échantillons d'aliments et d'informations pertinentes au projet.

Références

- Kerr, L.A., McGavin, H.D. 1991. Chronic copper poisoning in sheep grazing pastures fertilized with swine manure. JAVMA. 198: 99-101.
- Menzies, P.I., Boermans, H., Hoff, B., Durzi, T., Langs, L. 2003. Survey on status of copper, interacting minerals, and vitamin E levels in the livers of sheep in Ontario. Can. Vet. J. 44: 898-906.

NRC 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Washington DC, Natl. Acad. Sci.

NRC 1985. Nutrient requirements of sheep. Washington DC, Natl. Acad. Sci.

Puls, R. 1994. Mineral levels in animal health: diagnostic data. 2^e édition. Sherpa International. Colombie Britannique, Canada. 356 pp.

Van der Berg, R., Levels, F.H., Van der Schee, W. 1983. Breed differences in sheep with respect to the the accumulation of copper in the liver. Vet. Q. 5: 26-31.

Ziadi, N., Chantigny, M., Giroux, M. 2005. La fertilisation *dans* Les plantes fourragères. CRAAQ. Québec, Canada. 209 pp.

ANNEXE IV

Article de vulgarisation, Ovin Québec – printemps 2008

Présentation des résultats finaux



Cuivre... véritable fléau ou légende urbaine ?

Les ovins ont une sensibilité particulière au cuivre et l'accumulation d'une quantité trop importante de cuivre dans le foie peut entraîner une intoxication. En effet, l'atteinte du seuil de toxicité du cuivre dans le foie provoque des dommages importants aux cellules hépatiques qui se traduisent par une décharge massive de cuivre dans le sang. S'ensuit une crise hémolytique, soit la destruction des globules rouges du sang avec jaunissement de la peau et des muqueuses (ictère), qui se termine presque invariablement par la mort de l'animal. Au Québec, sommes-nous aux prises avec un problème de toxicité au cuivre dans les troupeaux ?

Les objectifs du projet

L'objectif général de cette étude était d'étudier la problématique de surcharge hépatique de cuivre chez les agneaux lourds.

De manière plus spécifique, elle avait pour but de :

- 1) Évaluer la teneur en cuivre, molybdène, soufre, fer et zinc des aliments produits sur les fermes québécoises (fourrages et céréales) et des moulées commerciales destinées aux agneaux;
- 2) Identifier les facteurs associés à la production, à la ferme, d'aliments riches en cuivre (type de fertilisants, type d'aliments, type de sol, région de production, ...);
- 3) Estimer l'importance de la problématique « surcharge hépatique de cuivre » chez les agneaux lourds;
- 4) Vérifier l'existence d'une association entre la région d'origine et le statut hépatique en cuivre des agneaux lourds.

Ce qui a été fait...

Phase 1 : Teneur en cuivre des aliments produits au Québec et destinés au bétail
Un questionnaire destiné aux producteurs agricoles qui soumettent leurs échantillons d'aliments pour analyse a été construit puis complété par le biais des représentants de Belisle Solution Nutrition. Ces informations (région, sol, amendements, etc.), de même que les résultats d'analyse des composantes (dont le cuivre) réalisée par le laboratoire de Belisle Solution Nutrition, ont été transmis au CEPOQ qui en a fait la compilation.

Afin d'avoir un maximum d'unités des différents types d'aliments souhaités pour les analyses statistiques, des échantillons supplémentaires ont été inscrits à la base de données. De plus, 35 poches de moulée complète destinée aux agneaux (début ou croissance) ont été achetées incognito chez 5 meuneries différentes sur une période de 4 mois. Cette moulée a été analysée pour différents oligo-éléments dont le cuivre.

Phase 2 : Concentrations hépatiques en cuivre chez les agneaux lourds élevés au Québec
Un échantillonnage de 282 foies d'agneaux

lourds a été réalisé pour une analyse exploratoire de la concentration en cuivre. Les paramètres d'échantillonnage sont : cibler 3 abattoirs pour couvrir un maximum de régions (Luceville, Lingwick (Rousseau), St-Henri de Lévis (Pouliot)) et limite de 4 foies par troupeau pour un même échantillonnage. Les foies ont été prélevés entre juillet et août 2006 (102 foies) ainsi qu'entre mars et novembre 2007 (180 foies).

Ce que nous savons maintenant

Les aliments produits sur les fermes québécoises

À la lumière des données brutes (Tableau 1), on note que les concentrations en

Tableau 1. Concentrations (ppm) en cuivre (Cu) et en molybdène (Mo) d'aliments produits sur les fermes québécoises

Aliment	Nb	Minéraux	Médiane ¹	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation (%)
Avoine	11	Cu	6	5,3	1,3	9,2	45,3
		Mo	0,6	0,8	0	2,1	91,2
Blé	6	Cu	4,9	4,2	0,9	7,2	54,1
		Mo	0,6	0,6	0,2	1	47
Ensilage de céréale	6	Cu	7,6	7,8	5	10,7	28,6
		Mo	0,8	1,1	0,2	2,2	74,9
Ensilage d'herbe	504	Cu	8,9	9	1,5	22,6	31,5
		Mo	1	1,1	0	4,4	60,1
Ensilage de maïs	175	Cu	5	5,1	0	11,4	41,7
		Mo	0,4	0,4	0	1	52,4
Foin	159	Cu	6,8	6,9	1,5	13,6	35,5
		Mo	1	1,1	0	3,3	61,2
Grains mélangés	14	Cu	4,4	4,1	1	6,7	33,8
		Mo	0,8	0,9	0,5	1,7	36,4
Maïs	77	Cu	2,9	2,8	0	8,3	64,1
		Mo	0,3	0,4	0	12	312,2
Orge	29	Cu	5	5,2	1,3	10,5	45,9
		Mo	0,5	0,5	0	1	60
Seigle	1	Cu	2,1	2,1	2,1	2,1	-
		Mo	0,6	0,6	0,6	0,6	-
Fève de Soya	13	Cu	15	15,2	9,5	21,6	19,9
		Mo	1,9	3,4	0,8	11,7	91,7

¹ La médiane est la donnée centrale parmi toutes les données disponibles. Ex : si les données sont 1, 3 et 5, la médiane est 3.

cuivre (Cu) mesurées présentent une certaine variabilité (coefficient de variation élevé) mais que la plupart des aliments demeurent dans une plage acceptable pour le cuivre. Toutefois, certains types d'aliments ont été peu d'échantillonnés (ex : blé), ce qui est limitatif d'un point de vue statistique. Selon le NRC (1985), le niveau tolérable maximum de cuivre se situe à 25 mg de Cu/kg MS (ppm) dans la ration des ovins. Le nouveau NRC (2007), quant à lui, suggère de réduire

monte au-delà de 7 (Ziadi et al., 2005) alors que la vaste majorité des pH mesurés dans la présente étude se situent entre 5 et 7.

Lorsque le type de fumier (ovin, bovin laitier, bovin de boucherie et porcin) épandu sur les champs d'origine des échantillons d'aliments est mis en parallèle avec la concentration en cuivre de ces aliments récoltés (Tableau 2), on constate que l'utilisation du purin de porc conduit

nage demeure restreint, le coefficient de variation est très élevé (grande variabilité entre les échantillons) et l'enquête ne permet pas de mettre en évidence certains paramètres, comme le type de porcherie, les apports de lisier au champ, le nombre d'années d'épandage d'un même type de fumier, etc., qui pourraient influencer les résultats.

Les moulées commerciales

Il est également rassurant de constater, comme le montre le Tableau 3, que les niveaux de cuivre rencontrés dans les moulées commerciales analysées sont acceptables. Les concentrations en molybdène varient pour leur part passablement chez certaines meuneries. Puisque que cet élément n'est pas ajouté, on suppose que cette variation vient des aliments de base incorporés à la moulée. Quant à la concentration en zinc, les moulées de quelques meuneries présentent une certaine variation mais il s'agit d'un élément ajouté par celles-ci. Finalement, les concentrations en soufre avoisinent la limite supérieure recommandée (0,3%)

Tableau 2. Concentrations en cuivre (ppm) des aliments produits selon le type de fumier épandu

Type de fumier	Nb	Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation (%)
Ovin	35	7,28	7,45	2,71	17,1	39,4
Bovin laitier	59	6,29	7,13	0,12	19,97	64,7
Bovin de boucherie	47	5,94	6,25	0,88	12,55	45,5
Porcin	9	9,72	10,20 *	7,35	15,6	24,3

* p < 0,01

l'écart entre les besoins et le seuil possible de toxicité en établissant le niveau maximum tolérable à 15 ppm pour des rations contenant entre 1 et 2 ppm de molybdène et entre 0,15 et 0,25% de soufre. Ces précisions sont pertinentes car l'absorption du cuivre diminue lorsque le molybdène, le soufre et le zinc augmentent. Sur cette base, le NRC (1985) rapporte, par exemple, que pour des niveaux extrêmement bas en molybdène (<1ppm), une ration contenant 8 à 11 ppm de cuivre peut être toxique.

Bien que le pH du sol influence la disponibilité des éléments nutritifs (Ziadi et al., 2005) et, par le fait même, la captation de ceux-ci par les végétaux, aucun lien entre le pH du sol et la concentration en cuivre des aliments n'a été mis en lumière. En effet, on constate que la valeur du R2, qui est un indicateur de la force du lien entre les deux variables (pH et concentration en cuivre), est très faible (<1%). De plus, lorsque l'exercice est répété en considérant les aliments séparément, par exemple l'ensilage de maïs ou l'ensilage d'herbe seuls, aucun résultat plus concluant n'est observé. Ceci est sans doute dû au fait que la disponibilité du cuivre est réduite lorsque le pH du sol descend sous 5 ou

à des concentrations en cuivre supérieures (P < 0,01). Ceci n'est en soi pas surprenant puisque les déjections de porc comportent généralement une teneur en cuivre plus élevée que celles d'autres espèces animales. Par contre, l'échantillon-

Tableau 3. Concentrations en oligo-éléments des moulées commerciales

Meunerie	Nb	Oligo-élément	Médiane	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation (%)
			(ppm; S en %)				
A	7	Cu	8,02	8,34	7,41	9,58	9,4
		Mo	1,47	1,45	1,07	1,78	18,7
		Zn	86,5	79,3	43,9	93,8	21,3
		S	0,31	0,3	0,22	0,36	15,3
B	8	Cu	9,33	9,18	5,95	12,88	21,8
		Mo	1,66	1,52	0,72	2,18	32,1
		Zn	83,2	105,5	66,6	257,1	59,8
		S	0,29	0,33	0,26	0,61	35,2
C	6	Cu	8,73	8,89	7,66	10,67	11,6
		Mo	1,13	1,08	0,78	1,29	19,4
		Zn	98	93,2	61,5	116,1	21,7
		S	0,38	0,37	0,26	0,45	21,6
D	6	Cu	9,13	9,75	8,18	12,83	17,8
		Mo	1,4	1,87	1,26	4,4	66,6
		Zn	83,9	100,6	69,3	190,8	44,7
		S	0,36	0,39	0,35	0,56	20,9
E	8	Cu	8,86	8,84	7,75	10,06	8,2
		Mo	1,12	1,14	0,71	1,74	36,8
		Zn	97	98,3	90,6	106,8	5,2
		S	0,25	0,26	0,24	0,26	2,8

et est aussi ajouté par les meuniers. Dans l'ensemble, on constate que les coefficients de variation sont élevés et que, en ce sens, une réflexion quant aux contrôles de qualité pourrait être faite par les meuneries concernant ces deux derniers paramètres.

Les foies

La problématique de surcharge hépatique en cuivre chez les agneaux lourds ne semble pas être généralisée (Tableau 4) alors que seuls 21 agneaux sur 282 présentaient des concentrations élevées (plus de 500 µg Cu/g MS) dont 16 au-dessus de 600 µg Cu/g MS. Selon les sources consultées, les concentrations en cuivre considérées comme problématiques varient grandement (Puls, 1994; Kerr et al., 1991). Toutefois, dans l'étude de Menzies et al. (2003), un seuil de 875 µg Cu/g MS a été considéré comme

dangereux. Il a de plus été rapporté que des concentrations inférieures à ce seuil pouvaient être associées à des mortalités bien qu'un seul décès fut répertorié pour une concentration hépatique moyenne de 600 µg Cu/g MS chez les agneaux à l'étude (Van der Berg et al. 1983, cité par Menzies et al., 2003). Ainsi, puisque seulement 5,7% des agneaux répertoriés (16 sur 282) présentent des concentrations hépatiques en cuivre problématiques et que les aliments analysés ne laissent pas entrevoir de concentrations systématiquement élevées en cuivre (Tableau 3), il est possible que cette situation soit davantage attribuable, soit à un incident alimentaire sporadique ou à une contamination à la ferme. On peut par exemple penser à une tuyauterie en cuivre.

Ce que nous devons retenir

Globalement, les aliments produits

sur les terres québécoises et analysés dans le cadre de cette étude ne présentaient pas de teneur en cuivre pouvant être considérée comme problématique pour les ovins. Toutefois, l'application de lisier de porc semble être associée à une teneur en cuivre des plantes qui y poussent plus élevée. Bien que nous ne soyons pas en mesure, pour l'instant, de conclure que cette pratique comporte un risque d'intoxication chez les ovins, elle demeure tout de même préoccupante pour la production d'aliments destinés à cette espèce particulièrement sensible au cuivre. Finalement, la présente étude ne permet pas de croire, à la lumière de l'échantillonnage réalisé, que la surcharge hépatique en cuivre des agneaux lourds est une problématique répandue au Québec. ▲

Financement

Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ) et Belisle Solution Nutrition.



Tableau 4. Concentrations hépatiques (µg/g MS) en cuivre et en molybdène chez des agneaux lourds produits au Québec

Variable	N	Mé-diane	Moyen-ne	Écart-type	Mini-mum	Maxi-mum	Coefficient Variation (%)
Cuivre	282	250	278	173	24	1500	62,4
Molybdène	282	3,9	3,9	0,8	1,9	6,3	19,5



Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le CEPOQ et plus particulièrement Dr. Anne Leboeuf qui a collaboré au projet alors qu'elle était à l'emploi de l'organisation ainsi que M. Robie Morel et Mme Amélie St-Pierre qui ont accepté de prélever des échantillons de foie. Les auteurs tiennent à remercier également Belisle Solution Nutrition, son directeur monsieur Yan Turmine pour sa collaboration ainsi que tous ses représentants pour la récolte d'échantillons d'aliments et d'informations pertinentes au projet.

Références

Kerr, L.A. et McGavin, H.D. 1991. Chronic copper poisoning in sheep grazing pastures fertilized with swine manure. JAVMA. 198 (1): 99-101.
 Menzies, P.I., Boermans, H., Hoff, B., Durzi, T. et Langs, L. 2003. Survey on status of copper, interacting minerals, and vitamin E levels in the livers of sheep in Ontario. Can Vet J. 44: 898-906.
 NRC 2007. Nutrient requirements of small ruminants. 7e édition, Washington DC, Natl. Acad. Sci, 362 pages.
 NRC 1985. Nutrient requirements of sheep. 6e édition, Washington DC, Natl. Acad. Sci., 112 pages
 Puls, R. 1994. Mineral levels in animal health: diagnostic data. 2e édition. Sherpa International. Colombie Britannique, Canada. 356 pages.
 Van der Berg, R., Levels, F.H. et Van der Schee, W. 1983. Breed differences in sheep with respect to the the accumulation of copper in the liver. Vet. Q. 5 (1): 26-31.
 Ziadi, N., Chantigny, M. et Giroux, M. 2005. La fertilisation dans Les plantes fourragères. CRAAQ. Québec, Canada. 209 pages.