

**Résumé des recherches scientifiques sur
l'utilisation de la Zéolite ore (Clinoptilolite) en
production bovine et laitière**



Document produit pour J. C. Guilmain Inc.

1034, 20^e rg Upton, Qc – J0H 2E0

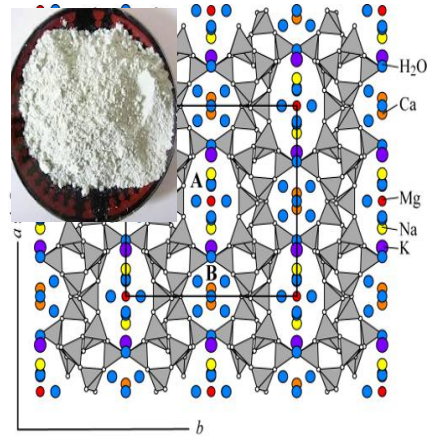
J.C. Guilmain Inc : Importateur et distributeur de zeolite ore (clinoptilolite)

**PREMIERE PARTIE : Impact de la zéolite ore (clinoptilolite) sur la
santé générale des bovins et des vaches laitières**

Zéolite importée et distribuée par J.C.Guilmain Inc. – Produit
approuvé par Santé Canada comme antiagglomérant sous
l'enregistrement 990-668

Préambule

Les zéolites sont des minéraux formés d'aluminosilicates avec une structure microporeuse. Ils possèdent une large surface interne et une capacité échangeuse de cations très élevée. Il existe plus d'une cinquantaine de zéolites naturelles (clinoptilolite) dont la sélectivité vis-à-vis des cations (NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca_2^+) est différente. Ces diverses caractéristiques physiques lui permettent de transformer l'ammoniac en sels d'ammonium assimilables, de réduire l'humidité fécale relative et d'être une source minérale. Elles confèrent également aux zéolites la capacité de se lier (séquestrer) aux mycotoxines et de réduire considérablement leur toxicité au niveau gastro-intestinal.



I - EFFET DE LA CLINOPTILOLITE SUR LA SANTÉ GÉNÉRALE DES VACHES LAITIÈRES.

Introduction générale :

Un certain nombre d'éléments inorganiques sont essentiels à la croissance et à la reproduction chez les animaux. Ceux qui sont indispensables en quantité de l'ordre du gramme sont communément appelés les *macroéléments* et concernent le calcium, le phosphore, le sodium, le chlorure (Cl), le potassium (K), le magnésium (Mg) et le soufre (S). Les macro éléments sont des composés de structure

Utilisations diverses de la clinoptilolite : La clinoptilolite (Si-Al-Na-K-Ca Hydraté) est une zéolite naturelle de la famille des aluminosilicates dont l'utilisation ne cesse de s'élargir. Hormis ses utilisations comme tamis moléculaires, comme absorbant d'odeur et asséchant de l'humidité relative, elle est de plus en plus utilisée comme un additif alimentaire dans la ration des animaux (bovins, porcins et volaille...). Plusieurs travaux scientifiques continuent de confirmer les propriétés bénéfiques de la clinoptilolite en alimentation et santé animales. Ces propriétés bénéfiques sont souvent corrélées à sa forte capacité d'échanges de cations, à son affinité spécifique aux ions ammoniums (NH_4^+) et sa richesse en éléments inorganiques (macroéléments et microéléments) qui sont indispensables à la croissance des animaux. Enfin, les aluminosilicates De plus, la modification chimique des aluminosilicates peut augmenter leur capacité de liaison aux mycotoxines plus virulentes telles la zearalenone et la deoxynivalenol.

indispensables à la formation des os et des autres tissus et interviennent dans la constitution des fluides corporels. Ils jouent un rôle vital dans la maintenance de l'équilibre acido-basique, dans la régulation de la pression osmotique, dans le potentiel électrique des membranes et dans la transmission nerveuse.

En revanche, les éléments qui sont requis en quantité de l'ordre du milligramme sont considérés comme des *microéléments* ou éléments-trace. Il s'agit du cobalt, du cuivre, de l'iode, du fer, du manganèse, du molybdène, du sélénium, du zinc et aussi du chrome et du fluor. Ils sont présents dans les fluides corporels en relative faible concentration et jouent un rôle de cofacteurs pour les enzymes, sont des composants des hormones du système endocrinien.

Objectif : L'objectif de cette synthèse bibliographique est d'élucider l'effet bénéfique de la supplémentation de la clinoptilolite dans la ration alimentaire sur la santé générale des vaches laitières et des veaux. Qu'elle se traduise souvent par une stimulation du système immunitaire grâce à une production massive d'anticorps ou par une amélioration du métabolisme énergétique de l'animal, cet effet bénéfique est souvent relié à la richesse des macros et microéléments présents dans la clinoptilolite et facilement assimilables. Cet effet bénéfique est également souvent associé à la capacité échangeuse de cations de la clinoptilolite qui joue le rôle d'absorbant des impuretés qui réduisent la performance.

Enfin, la clinoptilolite concourt à l'élimination des mycotoxines qui peuvent avoir des effets létaux chez les animaux et particulièrement les veaux à la naissance. Hormis ces effets bénéfiques sur la santé et la performance, l'addition de clinoptilolite seule ou combinée a-t-elle réelle incidence sur la productivité (quantité et qualité du lait, qualité de la viande...).

II - AJOUT SIMPLE DE LA CLINOPTILOLITE SUR UNE COURTE PÉRIODE DE TEMPS ET IMPACTS SUR LA SANTÉ DES BOVINS :

****Impact sur la distribution des minéraux dans le sérum.***

Les récents travaux de Mohri et al., 2008 ont permis de montrer l'effet bénéfique de l'addition de la clinoptilolite dans la ration des veaux sur la concentrations de certains macroéléments du sérum. Tel qu'illustré dans le *tableau 1*, l'ajout de clinoptilolite induit une augmentation significative de la quantité de fer dans le sérum qui se traduit par une meilleure hématopoïèse et une prévention des risques de chute pathologique ou physiologique du nombre de globules rouges dès les premiers jours de vie de jeunes veaux. Les concentrations de calcium et de sodium ont également augmenté grâce à la présence de clinoptilolite. En revanche, les taux de magnésium et de potassium demeuraient inchangés quel que soit l'ajout de clinoptilolite. Enfin, l'ajout de clinoptilolite induit une diminution du taux de phosphore chez les jeunes veaux. Considérant l'importance du phosphore dans les processus physiologiques, son addition dans la ration alimentaire des jeunes veaux devient cruciale ; surtout en cas d'enrichissement en clinoptilolite. Le magnésium et le potassium sous leur forme

assimilable doivent également être ajoutés à la ration des jeunes veaux pour éviter qu'ils deviennent des facteurs limitant à leur croissance.

Tab.1 - Effet de l'addition de clinoptilolite sur les concentrations des minéraux dans le sérum des veaux.

Paramètre	Contrôle	Test 1	Test 2	SE	Age	Groupe	Age x Groupe
Fe (µmol/l)	23.56 ³	26.76 ³	35.66 ^b	4.23	S	S	NS
Ca(mmol/l)	2.64 ³	2.95 ^b	3.14 ^c	0.15	S	S	NS
P (mmol/l)	2.54 ³	2.26 ^b	2.15 ^b	0.12	S	S	NS
Mg(mmol/l)	0.81	0.87	0.92	0.06	S	NS	NS
Na(mmol/l)	136.78 ³	147.55 ^b	152.59 ^b	4.07	NS	S	NS
K(mmol/l)	5.68	5.47	5.68	0.1	S	NS	NS

III - AJOUT SIMPLE DE LA CLINOPTILOLITE SUR UNE LONGUE PÉRIODE DE TEMPS ET IMPACTS SUR LA SANTÉ DES BOVINS.

**Impact sur le métabolisme énergétique*

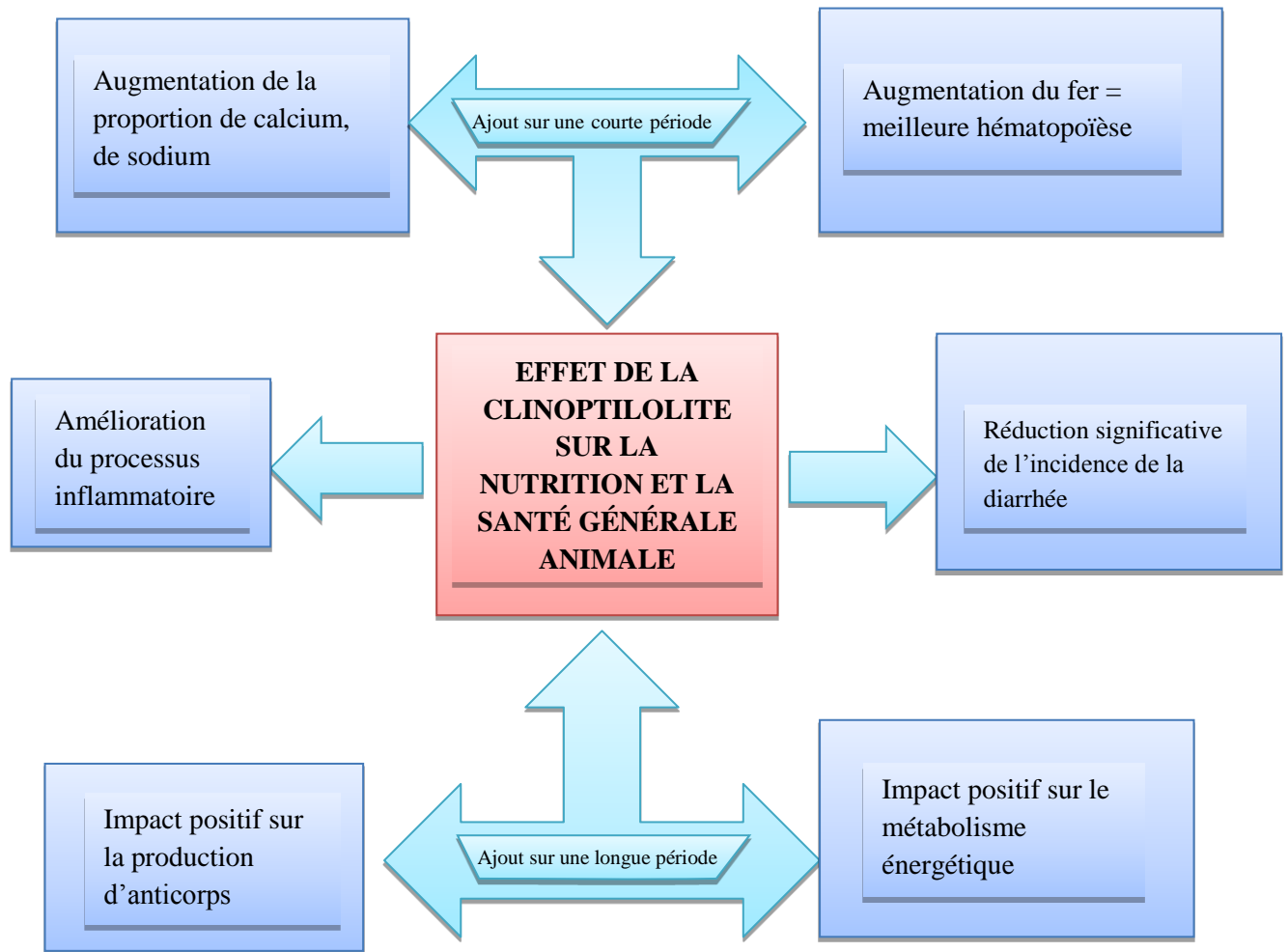
Les travaux de Gayen et Chabot, 1981 renforcés par les observations de McCollum et Gaylean, 1983 et de celles de Sweeney et al.,1984 ont montré l'influence de la clinoptilolite sur le métabolisme énergétique. Selon les auteurs, l'ajout de la clinoptilolite dans la ration du bétail (vaches) modifiait les schémas de fermentation dans la panse des animaux; affectant les proportions molaires des acides gras volatiles.

Les deux premiers travaux ont mis en lumière une augmentation de la proportion d'acide propionique que n'ont malheureusement pas été confirmées par les travaux de Sweeney et al.,1984 qui ont plutôt observé une diminution de cet acide et une augmentation de l'acide acétique.

De tels changements induits par la clinoptilolite sont déterminants dans le rôle du métabolisme énergétique est intimement lié à une dégradation des acides gras complexes du foie, une maladie liée au métabolisme très fréquente chez les vaches laitières et particulièrement celles qui en sont aux trois premières semaines de lactation (Goff et Horst, 1997).

Selon ces auteurs, la période critique de développement de cette maladie se situe au premier mois de lactation quand le niveau d'énergie que requiert une vache pour une production accrue de lait et un maintien des tissus est très élevé et ne peut être comblé que par une simple alimentation. Les résultats obtenus par Katsoulos et al., 2006 ont montré qu'une alimentation enrichie en clinoptilolite à 2.5% réduisant les risques de débalancement du métabolisme énergétique.

SYNTHÈSE DE LA PREMIÈRE PARTIE
CONCERNANT L'EFFET DE L'AJOUT DE LA
CLINOPTILOLITE



DEUXIEME PARTIE : Impact de la zéolite ore (clinoptilolite) sur la **performance** des bovins et des vaches laitières.

Dossier d'homologation de la zéolite comme agent séquestrant des odeurs (ammoniac), comme réducteur de l'humidité fécale, comme agent liant/séquestrant des toxines et comme source minérale soumis à Santé Canada pour approbation.

I - EFFET DE LA CLINOPTILOLITE SUR LA PERFORMANCE DES VACHES LAITIÈRES ET DES BOVINS.

Des travaux de recherches ont été effectués récemment pour l'amélioration de la performance des vaches grâce à l'ajout de la zéolite naturelle (clinoptilolite) dans leur alimentation. Ainsi, grâce à leur structure physico-chimique et à leur grande capacité échangeuse de cations, la zéolite se lie à :

La mammite est une inflammation des glandes mammaires qui apparaît lors d'une infection bactérienne dont le point d'entrée est le pis de la vache *via* le trayon. L'ajout de la zéolite (clinoptilolite) dans la ration alimentaire des bovins constitue un outil incontournable dans le programme de prévention de l'irritation, de l'inflammation et de la mammite bovine au Québec et au Canada.

La prévention de la mammite et des autres pathologies, l'hypocalcémie réduit considérablement les dépenses des agriculteurs. Le coût associé à la mammite est de 200\$ par vache. Ce coût n'inclus pas celui des autres pathologies. La prévention de la mammite et d'autres pathologies grâce à une alimentation journalière enrichie en clinoptilolite a un impact significatif sur le plan financier, environnementale et sanitaire des employés des fermes.

- 1) l'ammoniac qui est le facteur prédisposant de plusieurs processus inflammatoires et d'infections virales et bactériennes tant chez les animaux que chez les humains qui y sont exposés;
- 2) aux métaux lourds pour réduire les cas de toxicité;
- 3) aux molécules d'eau de manière à réduire l'humidité relative fécale;
- 4) aux toxines présentes dans les céréales et dans l'alimentation en général de manière à les séquestrer au niveau gastro-intestinal et à réduire considérablement leur toxicité/virulence;
- 5) aux précurseurs des composés volatiles organiques; réduisant les odeurs dans les enclos.

De manière plus spécifique, la zéolite se lie de manière irréversible à l'ammoniac (et autres composés volatiles organiques) quand elle est ajoutée à la ration des animaux; réduisant par conséquent les émissions malodorantes tout en préservant le capital azote dans le fumier/déjections animales indispensables à la fertilisation des cultures dans plusieurs pays. Son utilisation en nutrition animale devient de plus en plus populaire pour des raisons de développement durable et protection de l'environnement et d'amélioration de la performance bovine.

Par ailleurs, plusieurs travaux de recherche ont été effectués dans le but d'identifier des méthodes de prévention de la toxicité des mycotoxines. Certaines approches ont privilégié la détoxification ^{et/ou} l'inactivation en ajoutant des agents liants et des agents séquestrants pour réduire la toxicité des mycotoxines au niveau intestinal.

Les principaux agents liants utilisés et qui se sont avérés être très performants sont les aluminosilicates de la famille des zéolites, les carbones activés et les carbohydrates complexes.

Selon le Professeur Whitlow du Département des Sciences Animales de l'Université de Caroline du Nord, les aluminosilicates adsorbent préférentiellement les aflatoxines et autres mycotoxines telles la sterigmatocystine. De plus, la modification chimique des aluminosilicates peut augmenter leur capacité de liaison aux mycotoxines plus virulentes telles la *zearalenone* et la *deoxynivalenol*.

**** Effet de la zéolite sur la production d'anticorps***

Selon Karatzia, 2010, l'ajout de 200g/ jour de clinoptilolite dans la ration alimentaire des vaches immunisées contre *E. coli* à partir du 210^e jour de gestation est associé à une augmentation significative d'anticorps dans le sérum et le colostrum des génisses. Quand bien même les mécanismes par lesquels la clinoptilolite influence la production d'anticorps contre des antigènes spécifiques ne sont pas clairement élucidés, son effet sur la réponse immune est corrélé à son impact positif sur le métabolisme énergétique.

**** Effet de la zéolite sur l'immunité passive et sur la diarrhée***

La revue de littérature précédant les travaux de Sadeghi et Shawrang, 2008 apporte un fort éclaircissement sur les utilisations de la clinoptilolite dans différents domaines. En guise d'exemple, la clinoptilolite est utilisée dans le domaine médical comme un médicament anti-diarrhéique (Rodriguez-Fluentes et al.,1997) avec des propriétés antibactériennes et antivirales (Grce et Pavelic, 2005).

Très récemment, la Commission Européenne a provisoirement autorisé la clinoptilolite d'origine volcanique et sédimentaire comme un additif dans la ration des animaux de ferme (*European Commission Regulation*, 2001).

Selon Sadeghi et Shawrang, 2008, la clinoptilolite en quantité appropriée (1g/ kg de veaux naissant) réduit de manière significative l'incidence, la sévérité et la durée de la diarrhée chez les veaux naissants confirmant les travaux de Mumpton et Fishman, 1977; Stojic et al., 1995 et ceux de Rodriguez-Fluentes et al.,1997 et de Nikkhah et al., 2002. De plus, la clinoptilolite permet une meilleure consistance de la matière fécale des veaux. L'effet conjugué du retard lors du passage intestinal induit par la clinoptilolite et sa capacité d'absorption de l'eau contribuent à l'obtention des fèces solides.

En revanche, les auteurs de l'étude n'ont observé aucun effet de l'ajout de la clinoptilolite sur l'immunité passive des jeunes veaux. Des effets secondaires indésirables peuvent être observés quand des concentrations élevées de clinoptilolite sont ajoutés à la ration des veaux naissants.

En fait, la forte capacité échangeuse de cations de la clinoptilolite peut augmenter la pression osmotique dans le petit intestin de ces jeunes veaux. Enfin, les immunoglobulines IgG et IgM ont été apportés grâce au colostrum et au lait nourris dès les premières heures de vie.

** Effet de la zéolite sur la digestibilité et la distribution des nutriments*

Hemken et al., 1984 ont montré que l'ajout de clinoptilolite dans la ration des vaches se traduisait par un pH des fèces plus élevé correspondant à une digestion complète de l'amidon présent dans la ration. La clinoptilolite contribue à une réduction significative des pertes des graines retrouvées dans les fèces (Hemken et al., 1984 Pond and Lee, 1984; Garcia Lopez et al., 1992). Les hormones de la glande thyroïde jouent un rôle clé dans la distribution des éléments nutritifs depuis le tractus gastro-intestinal jusqu'aux différents tissus et organes de l'animal.

La croissance et le développement des jeunes veaux dépendent du colostrum reçu dès les premières heures qui fournit les éléments nutritifs et les substances non nutritives tels les immunoglobulines, les facteurs de croissance et les hormones.

Les travaux de Stojic et al., 1995 montrent que l'ajout de 5g/L de clinoptilolite au colostrum nourri à de jeunes veaux à une forte influence sur la production de glande thyroïde (triiodothyronine); ce qui se traduirait par une meilleure distribution des nutriments.

** Effet de la zéolite sur la production laitière*

L'ajout de 2.5 % de clinoptilolite dans la ration alimentaire des vaches se traduit selon Katsoulos et al., 2006 par une augmentation significative de la production laitière.

Durant les cinq premiers mois, la production moyenne du Groupe B (fig.1) était significativement plus élevée (P plus petit que 0.05) que celle du groupe C (témoin).

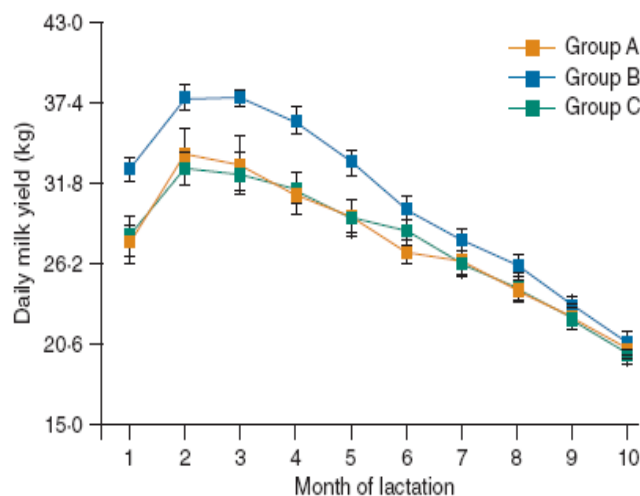


Fig.1 - Production laitière moyenne mensuelle des 17 vaches dont l'alimentation est enrichie de 1.25% de Clinoptilolite (**Groupe A**), des 17 vaches dont l'alimentation est enrichie de 2.5% de Clinoptilolite (**Groupe B**) et des 18 vaches représentant le groupe témoin (**Groupe C**)

Cette production laitière du groupe B était plus élevée que le groupe A pendant six mois; excepté le second mois de lactation. En revanche, il n'y avait aucune différence significative sur la production de lait du groupe A et du groupe C (témoin).

Généralement, une augmentation de la production du lait est associée à une augmentation des concentrations d'acide propionique dans la panse, à une digestion complète de l'amidon et à une forte synthèse de protéines microbiennes dans la panse.

Dans l'étude réalisée par Katsoulos et al., 2006, la forte production de lait du groupe B est dans la ration. Ce même ajout s'est également traduit par une augmentation de la concentration de glucose dans le sérum des animaux; et par conséquent par une amélioration du métabolisme énergétique pendant la période de vêlage.

II - EFFET DE LA CLINOPTILOLITE SUR LA PREVENTION DES MALADIES METABOLIQUES.

**** Effet de la zéolite sur la prévention des maladies métaboliques***

Le rôle des zéolites dans la prévention des maladies métaboliques telles la fièvre du lait et l'acétonémie a été largement étudié chez les bovins et les vaches laitières. En effet, une réduction de la fréquence de l'hypocalcémie (subclinique) a été observée chez la vache (en gestation ou avant la mise-bas) grâce à une alimentation journalière enrichie avec 2.3% de zéolite (23 g de zéolite/ kg DM TMR).

En revanche, selon Grabherr 2009, ce pourcentage ne semble avoir aucun effet significatif ni sur le taux de prélèvement alimentaire (appétence) ni sur le Pi (phosphore inorganique) sérique.

De manière similaire, Katsoulos et ses coll., 2006 ont clairement montré que l'ajout de 2.5% de clinoptilolite dans la ration alimentaire des vaches réduit significativement l'incidence de la kétose (5.9%) durant le premier mois d'allaitement comparativement au groupe dont la ration est enrichie de 1.25% de clinoptilolite (35.3%) et au groupe témoin (38.9%).

En réduisant l'incidence de la mammite et des autres pathologies, la santé de la glande mammaire s'en retrouve fortement améliorée en maintenant le comptage des cellules somatiques très bas. Ainsi, il s'en suivra :

- 1) Une amélioration de la qualité de colostrum et du lait de la vache pour les jeunes veaux.
- 2) Une réduction de l'utilisation des antibiotiques digestifs;
- 3) Une réduction des coûts élevés liés au traitement de l'acétonémie, de l'hypocalcémie et de la mammite.

Des expériences empiriques menées par des vétérinaires praticiens du Québec vont dans le même sens des travaux de Katsoulos et coll., 2006 en confirmant l'effet bénéfique de la zéolite (clinoptilolite) sur la réduction de l'irritation et de l'inflammation

mammaires. Leurs observations sont en adéquation avec la réduction de la mammite chez les chèvres induites par un ajout de clinoptilolite dans leur alimentation (Katsoulos et coll., 2009).

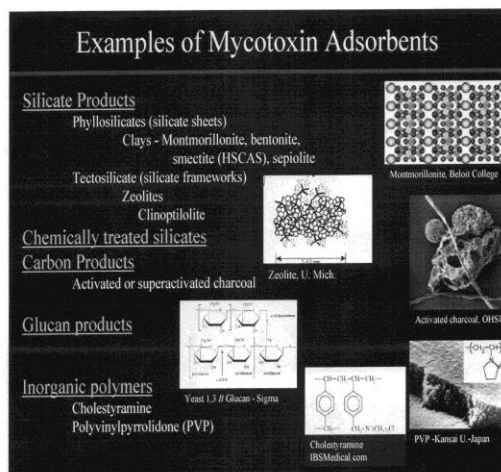
** Effet de la zéolite sur la prévention des maladies dues aux toxines*

Les moisissures sont des champignons filamenteux qui infectent plusieurs aliments et particulièrement les graines (Russell et al., 1991) et les fourrages (Lacey, 1991). Elles infectent aussi les animaux stressés dont le système immunitaire est très affaibli ; provoquant des pathologies dont la mycose. Les moisissures synthétisent des mycotoxines qui sont responsables de la mycotoxicose chez les animaux dont l'alimentation est contaminée par ces mycotoxines. Selon la FAO environ 25% des cultures à travers le monde sont affectées chaque année par des mycotoxines (Jelinek et al., 1989). Les études réalisées récemment montrent une augmentation de ce pourcentage et devient une préoccupation constante (Whitlow et al., 1998). Les cas de contamination par les mycotoxines peuvent se développer à différents niveaux : en champs, pendant la récolte, pendant le stockage, la transformation... Ainsi, il y a une nécessité urgente de limiter et/ou d'éradiquer ces contaminations par les mycotoxines en utilisant plusieurs techniques.

Plusieurs travaux de recherche ont été entrepris dans le but de développer des méthodes de prévention de la toxicité des mycotoxines. Certaines approches visent à séparer les mycotoxines des aliments contaminés ; d'autres privilégient la détoxification et l'inactivation. Les méthodes de détoxification et d'inactivation utilisent le pouvoir adsorbant et/ou séquestrant des agents liants pour réduire la toxicité des mycotoxines et leur absorption au niveau gastro-intestinal. Les principaux agents liants utilisés sont des matériaux non digestibles adsorbants tels les aluminosilicates, les carbones activés et les carbohydrates complexes... Les silicates se lient aux aflatoxines et à d'autres mycotoxines telle la sterigmatocystine. La zéolite appartient à la famille des aluminosilicates et possède une forte capacité de séquestration des mycotoxines. Sa modification chimique augmente sa capacité de séquestration/liaison des mycotoxines telle la *zearalenone* et le *deoxynivalenol* ; réduisant par conséquent la toxicité des mycotoxines (souvent produites par *Fusarium sp*) au niveau gastro-intestinal.

Ces matériaux (zéolites) sont généralement reconnus comme sécuritaires (*GRAS*) et peuvent être intégrés à l'alimentation des animaux comme ingrédient naturel.

Illustration de la diversité des mycotoxines et des moisissures responsables de leur production et les agents liants/séquestrants



Quelques exemples d'agents adsorbants de mycotoxines

Primary Toxicogenic Molds and Mycotoxins
 * Those with adsorbent data

<i>Fusarium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>
*Deoxynivalenol	*Aflatoxin	*Ochratoxin
*Zearalenone	*Ochratoxin	PR Toxin
*T-2 Toxin	*Sterigmatocystin	Patulin
*Fumonisin	Fumitremorgens	Penicillic Acid
*Moniliformin	Fumigaclavines	Citrinin
Nivalenol	Fumitoxins	Penetrem
*Diacetoxyscirpenol	*Cyclopiazonic Acid	*Cyclopiazonic acid
Butenolide	Gliotoxin	
Neosolaniol		
*Fusaric Acid		
Fusarochromanone		
Wortmannin		

	Known	Postulated
Mold Species	1,100	1,500,000
Secondary Metabolites	3,200	3,000,000
Mycotoxins	>300	30,000

Stachybotrys *Lupinus* *Claviceps* & Fescue Alkaloids Loco Weed

Les champignons et mycotoxines toxiques

Références

GOFF, J. P. & HORST, R. L. (1997) Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal of Dairy Science* **80**, 1260-1268.

GRUMMER, R. R. (1993) Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* **76**, 3882-3896.

GALYEAN, M. L. & CHABOT, R. C. (1981) Effect of sodium bentonite, buffer salts, cement kiln dust and clinoptilolite on rumen characteristics of beef steers fed a high roughage diet. *Journal of Animal Science* **52**, 1197-1204.

MCCOLLUM, F. T. & GALYEAN, M. L. (1983) Effects of clinoptilolite on rumen fermentation, digestion and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. *Journal of Animal Science* **56**, 517-524.

SWEENEY, T. F., CERVANTES, A., BULL, L. S. & HEMKEN, R. W. (1984) Effect of dietary clinoptilolite on digestion and rumen fermentation in steers. In *Zeo-Agriculture. Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. Eds.

KATSOULOS P. D., PANOUSIS N., ROUBIES N., CHRISTAKI E., ARSENOS G. & KARATZIAS H. (2006) Effects of long-term feeding of a diet supplemented with clinoptilolite to dairy cows on the incidence of ketosis, milk yield and liver function. *Veterinary Record* **159**, 415-418.

Hemken, R.W., Harmon, R.J., Mann, L.M., 1984. Effect of clinoptilolite on lactating dairy cows fed a diet containing urea as a source of protein. In: Pond, W.G., Mumpton, F.A. (Eds.), *Zeo-Agriculture. Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 175–181.

Pond, W.G., Lee, J., 1984. Physiological effects of clinoptilolite and synthetic zeolite in animals. In: Pond, W.G., Mumpton, F.A. (Eds.), *Zeo-Agriculture. Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture*. Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 129–145.

Grabherr H, Spolders M, Furl M, Flachowsky G. 2009. The effect of several doses of zeolite A on feed intake, energy metabolism and on mineral metabolism in dairy cows around calving. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 93:221–236.

Katsoulos PD, Panousis N, Roubies N, Christaki E, Arsenos G, Karatzias H. 2006. Effects of long-term feeding of a diet supplemented with clinoptilolite to dairy cows on the incidence of ketosis, milk yield and liver function. *Vet Rec.* 23;159:415-418.

Katsoulos PD, Zarogiannis S, Roubies N, Christodouloupoulos G. 2009. Effect of long-term dietary supplementation with clinoptilolite on performance and selected serum biochemical values in dairy goats. *Am J Vet Res.* 70:346-352.

Garcia Lopez, R., Elias, A., Menchaca, M.A., 1992. The utilization of zeolite by dairy cows. 2. Effect on milk yield. *Cuban J. Agric. Sci.* 26, 131–133.

Stojic, V., Samance, H., Natalija, F., 1995. The effect of clinoptilolite based mineral absorber on colostral IgG absorption in newborn calves. *Acta Vet. (Belg.)* 45, 67.

Sadeghi, A.A. Shawrang, P. – 2008 - Effects of natural zeolite clinoptilolite on passive immunity and diarrhea in newborn Holstein calves *Livestock Science* 113 () 307–310

Mohri M., Seifi, H.A., Daraei, F. -2008. Effects of short-term supplementation of clinoptilolite in colostrums and milk on hematology, serum proteins, performance, and health in neonatal dairy calves *Food and Chemical Toxicology* 46 (2008) 2112–2117.

Grce, M., Pavelic, K., 2005. Antiviral properties of clinoptilolite. *Microporous Mesoporous Mater.* 79, 165–169.

Nikkhah, A., Sadeghi, A.A., Shahrehabak, M.M., 2002. Effects of clinoptilolite on homo-immuno parameters and health status of newborn calves. In: Misaelidis, P. (Ed.), *Zeolite '02, Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*, 6th Int. Conf., Thessaloniki, Greece, p. 253.

Mumpton, F.A., Fishman, P.H., 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J. Anim. Sci.* 45, 1188–1194.

Rodriguez-Fluentes, G., Barrios, M.A., Iraizoz, A., Perdomo, I., Cedre, B., 1997. Enterex-anti-diarrheic drug based on purified natural clinoptilolite. *Zeolites* 19, 441–448.

Karatzia M.A. 2010 - Effect of dietary inclusion of clinoptilolite on antibody production by dairy cows vaccinated against *Escherichia coli* *Livestock Science* 128 149–153

Whitlow, L.W., and W.M. Hagler, Jr. 2005. Mycotoxins in feeds. *Feedstuffs* 77 (No. 38):69-79.

Whitlow, L.W., W.M. Hagler, Jr., and B.A. Hopkins. 1998. Mycotoxin occurrence in farmer submitted samples of North Carolina feedstuffs: 1989-1997. *J. Dairy Sci.* 81(Abstr.):1189.

Russell, L., D.F. Cox, G. Larsen, K. Bodwell, and C.E Nelson. 1991. Incidence of molds and mycotoxins in commercial animal feed mills in seven Midwestern states, 1988-89. *J. Anim. Sci.* 69:5-12.

Lacey, J. 1991. Natural occurrence of mycotoxins in growing and conserved forage crops. Pages 363-397. In: *Mycotoxins and Animal Foods* (Smith, J.E., and R.E. Henderson, eds.), CRC Press, Boca Raton, FL.

Jelinek, C.F., A.E. Pohland, and G.E. Wood. 1989. Worldwide occurrence of mycotoxins in foods and feeds – an update. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 72:223-230. Experimental studies on safety and efficacy of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff in sows: a review of recent research in Greece

S.C. Kyriakis a,*,D.S. Papaioannou a,C. Alexopoulos b,Z. Polizopoulou c,E.D. Tzika a,C.S. Kyriakis Microporous and Mesoporous Materials 51 (2002) 65–74