



Annexe 2 de l'avis 01-2005

Simulation concernant l'ingestion et l'inhalation du cadmium par les bovins

Objectif :

L'objectif de ce travail est de faire un bilan de la quantité de cadmium ingérée et inhalée par un bovin selon différentes voies (aliments, eau, air).

Les données

La ration

- Ration hivernale pour une vache laitière sur base d'un exemple

Une vache peut manger 16,2 kg de matière sèche (MS), dont 65% de fourrages (10,5kg) et 35% de concentrés (5,7kg). L'aliment fourrager est composé de 1/3 de foin et de 2/3 d'ensilage d'herbe et/ou maïs. La ration hivernale a été établie à partir du principe d'équilibre des rations, d'après le cours 'Nutrition, alimentation des animaux domestiques' (cours de première année tome 2 du service de Nutrition de la faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège, M. Diez, I. Dufrasne et L. Istasse).

- Ration d'une vache laitière en pâturage

Une vache laitière en pâturage mange environ 15 kg MS. La ration d'une vache laitière en pâturage a été établie à partir du principe d'équilibre des rations, d'après le cours 'Nutrition, alimentation des animaux domestiques' (cours de première année tome 2 du service de Nutrition de la faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège ; M. Diez, I. Dufrasne et L. Istasse).

Le cadmium dans l'eau de boisson

Les données sur le cadmium (Cd) dans l'eau proviennent de IHE (Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie), 1986. Le Comité scientifique ne dispose pas de données plus récentes.

Tableau 1: Quantité de cadmium ($\mu\text{g/l}$) dans l'eau de puits (N= 2464 puits) dans le Nord du Limbourg (IHE, 1986).

Cadmium ($\mu\text{g/l}$)	Neerpelt	Overpelt	Lommel
Moyenne	6.6	10.4	11.9

Mediane	3.0	3.8	6.3
Maximum	135	232	400
% dépassement de la norme (5 µg/l)	29	40	58

Le cadmium dans la ration proprement dite

Les données sur le cadmium dans les fourrages proviennent de la campagne d'échantillonnage de l'AFSCA. Les concentrations en cadmium retrouvées varient très peu d'un type d'aliment à l'autre. Ces données sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Quantité de cadmium dans les aliments fourragers dans les zones autour des sites d'implantation d'Umicore (AFSCA, 2004)

	Herbe de prairie	Ensilage de maïs	Foin	Ensilage d'herbe
Nombre	22	20	2	21
Moyenne (mg/kg MS)	0,33 (*)	0,31 (*)		0,32 (*)
Écart-type	0,211	0,153		0,163
Maximum (mg/kg MS)	1,1	0,69	0,31	0,71
Minimum (mg/kg MS)	0,16	0,097	0,30	0,065
Médiane (mg/kg MS)	0,26	0,285		0,31

(*) les moyennes ne sont pas significativement différentes (test de Welch ; $P > 0,05$)

Détermination de la quantité inhalée de cadmium

Détermination de la quantité inhalée d'air

Le volume d'air inhalé par un bovin en fonction du poids vif est déterminé par la formule suivante (Desmecht, communication personnelle):

$$\text{Volume d'air inhalé (l/min.)} = 0,4 \times \text{poids vif (exposant } 0,79) \\ R = 0,99$$

Le volume d'air est déterminé pour un bovin en fonction du poids vif (voir tableau 3).

Tableau 3 : Volume d'air inhalé par un bovin en fonction du poids vif

Poids du bovin (kg)	Volume d'air	
	(l/min.)	(l/j)
500	54,23	78092
550	58,47	84199
600	62,63	90191
650	66,72	96078
700	70,74	101871
750	74,71	107577
800	78,61	113204
850	82,47	118758

Détermination de la quantité inhalée de cadmium

La quantité inhalée de cadmium est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Quantité inhalée de cadmium (ng/j)} = \text{volume air inhalé (m}^3\text{/j)} \times \text{concentration en cadmium dans l'air (ng/m}^3\text{)}$$

Les quantités de cadmium inhalées pour un bovin en fonction du poids vif sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4: Quantité de cadmium inhalée par un bovin en fonction du poids vif

Poids du bovin (kg)	Volume d'air inhalé (l/j)	Concentration en Cd dans l'air ¹ (ng/m ³)	Quantité Cd inhalée (ng/j)
500	78092	50	3905
550	84199	50	4210
600	90191	50	4509
650	96078	50	4804
700	101871	50	5093
750	107577	50	5379
800	113204	50	5660
850	118758	50	5938

¹Concentration moyenne en cadmium en zone industrielle (Risk assesment, cadmium oxide, cadmium metal, september 2004)

Dose journalière ingérée en cadmium

La dose journalière ingérée par un bovin est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Dose journalière ingérée (mg/j)} = \text{consommation de la denrée (kg/j)} \times \text{concentration en cadmium dans la denrée (mg/kg)}$$

Pourcentage de la dose ingérée ou inhalée en fonction de la voie d'exposition

Le pourcentage de la dose ingérée ou inhalée par jour attribué à l'eau ou à l'aliment ou à l'air est déterminé par la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de la dose ingérée} = \frac{\text{Dose journalière ingérée ou inhalée d'eau ou d'aliment ou d'air} \times 100\%}{\text{Dose journalière totale}}$$

Résultats

Plusieurs scénarii sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Les scénarii 1, 3 et 5 sont des estimations en prenant les concentrations moyennes en cadmium pour différentes rations

Les scénarii 2, 4 et 6 sont des estimations en prenant les concentrations maximales en cadmium pour différentes rations.

Tableau 5 : Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée (daily intake) par une vache laitière en période hivernale et estimation du pourcentage attribuable à chaque voie d'exposition

Scénario 1 : Concentrations moyennes en cadmium				
Denrée	Consommation	Concentration moyenne en Cd	Daily intake (mg/j)	% daily intake
Eau	50 (l/j)	0,01 (mg/l)	0,48	12,87
Fourrage	10,5(kg MS/j)	0,31 (mg/kg)	3,26	86,99
Air	98746 (l/j)	50 (ng/m ³)	0,0049	0,13
Total			3,74	100
Scénario 2 : Concentrations maximales en cadmium				
Denrée	Consommation	Concentration max. en Cd	Daily intake (mg/j)	% daily intake
Eau	50 (l/j)	0,40 (mg/l)	20,00	72,83
Fourrage	10,5 (kg MS/j)	0,71 (mg/kg)	7,45	27,15
Air	118758 (l/j)	50 (ng/m ³)	0,0059	0,02
Total			27,46	100

Tableau 6 : Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée (daily intake) par une vache laitière en pâturage et estimation du pourcentage attribuable à chaque voie d'exposition, consommation de 50 litres d'eau par jour

Scénario 3 : Concentration moyenne en cadmium				
Denrée	Consommation	Concentration moyenne en Cd	Daily intake (mg/j)	% daily intake
Eau	50 (l/j)	0,01 (mg/l)	0,48	8,86
Herbe	15 (kg MS/j)	0,33 (mg/kg MS)	4,95	91,05
Air	98746 (l/j)	50 (ng/m ³)	0,0049	0,908
Total			5,44	100
Scénario 4 : Concentrations maximales en cadmium				
Denrée	Consommation	Concentration max. Cd	Daily intake (mg/j)	% daily intake
Eau	50 (l/j)	0,4 (mg/l)	20,00	54,79
Herbe	15 (kg MS/j)	1,1 (mg/kg MS)	16,5	45,20
Air	118758 (l/j)	50 (ng/m ³)	0,0059	0,0163
Total			36,5	100

Tableau 7 : Estimation de la quantité de cadmium ingérée et inhalée (daily intake) par une vache laitière en pâturage et estimation du pourcentage attribuable à chaque voie d'exposition, consommation de 100 litres d'eau par jour

Scénario 5 : Concentration moyenne en cadmium				
Denrée	Consommation	Concentration moyenne Cd	Daily intake (mg/j)	% daily intake

Eau	100 (l/j)	0,01 (mg/l)	0,96	16,28
Herbe	15 (kg MS/j)	0,33 (mg/kg MS)	4,95	83,64
Air	98746 (l/j)	50 (ng/m ³)	0,0049	0,0834
Total			5,92	100
Scénario 6 : Concentrations maximales en cadmium				
Denrée	Consommation	Concentration max. en Cd	Daily intake (mg/j)	% daily intake
Eau	100 (l/j)	0,40 (mg/l)	40,00	70,79
Herbe	15 (kg MS/j)	1,1 (mg/kg MS)	16,5	29,20
Air	118758 (l/j)	50 (ng/m ³)	0,0059	0,0105
Total			56,51	100

Commentaires

Si on tient compte du scénario ‘concentrations moyennes en cadmium’, la part la plus importante de l’ingestion est due à l’aliment. Par contre, si on tient compte du scénario ‘concentrations maximales en cadmium’, l’eau devient la plus grande source d’apport en cadmium.

Ce travail porte seulement sur les quantités de cadmium ingérées et inhalées et non absorbées.

Les concentrations en cadmium dans l’eau utilisées dans les tableaux 5 à 7 datent de 1986. Le Comité scientifique ne dispose pas de données plus récentes.

Ce travail a été réalisé en se basant uniquement sur la ration d’une vache laitière et pourrait également être réalisé pour d’autres catégories des bovins (taureaux, vache allaitantes, veaux).

▪