



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

Maisons-Alfort, le 22 avril 2010

AVIS

**de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments
relatif à la présence dans l'eau d'abreuvement de divers éléments chimiques
(essentiellement aluminium, fer et manganèse) au regard d'un risque éventuel
pour la santé des animaux s'abreuvent et du transfert potentiel de ces éléments
aux denrées issues de ces animaux**

LE DIRECTEUR GÉNÉRAL

1. RAPPEL DE LA SAISINE

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie le 8 janvier 2010 par la Direction Générale de l'Alimentation (DGAI), d'une demande d'avis relatif à la présence dans l'eau d'abreuvement de divers éléments chimiques (essentiellement aluminium, fer et manganèse) au regard d'un risque éventuel pour la santé des animaux s'abreuvent et du transfert potentiel de ces éléments aux denrées issues de ces animaux.

2. CONTEXTE

En décembre 2009, la DGAI a été interrogée par la gendarmerie de Mende (Lozère) dans le cadre d'une enquête judiciaire portant sur une pollution éventuellement engendrée par un centre de stockage et d'enfouissement d'ordures ménagères, du fait d'émissions dans l'environnement.

L'Afssa est interrogée afin :

- ✓ de rassembler les éléments scientifiques disponibles sur la toxicité par ingestion des divers éléments chimiques (dont aluminium, fer et manganèse) chez les bovins et ovins.
- ✓ d'apporter des données sur les teneurs dans les denrées animales en aluminium, fer et manganèse et des éléments d'éclairage sur le transfert de ces substances après ingestion chez les bovins et ovins.

3. METHODE D'EXPERTISE

L'expertise collective a été réalisée par le Comité d'experts spécialisé (CES) «Alimentation animale» réuni les 16 février et 13 avril 2010.

L'Expertise collective a été conduite au regard de la bibliographie disponible, des résultats d'analyse communiquées par la DGAI et d'un appui scientifique et technique du Pôle d'appui scientifique à l'évaluation des risques (Paser) sur la teneur en aluminium, fer et manganèse dans la viande issue de bovins et d'ovins.

27-31, avenue
du Général Leclerc
94701

Maisons-Alfort cedex
Tel 01 49 77 13 50
Fax 01 49 77 26 13
www.afssa.fr

REPUBLIQUE
FRANÇAISE

4. ARGUMENTAIRE

L'argumentaire de l'Afssa est fondé sur l'avis du Comité d'experts spécialisé « Alimentation animale » dont les éléments sont présentés ci-dessous :

4.1 Evaluation du risque toxicologique pour les bovins et les ovins des éléments minéraux dosés dans l'eau du cours d'eau

Le dossier comporte des résultats d'analyse d'eau à six points de prélèvements (R1, R2, F1, F2, P1 et P2). Ces analyses concernent principalement des paramètres chimiques et les résultats sont repris dans le **tableau 1**.

En France, même s'il n'existe pas d'obligations réglementaires relatives à la qualité de l'eau destinée à l'abreuvement des animaux d'élevage, des recommandations existent pour l'ensemble des animaux d'élevage et pour certaines filières. Le "SEQ-Eau abreuvement" (système d'évaluation de la qualité de l'eau), même s'il n'est plus beaucoup utilisé, propose des limites en contaminants à ne pas dépasser. Il se base sur des recommandations canadiennes sur l'eau d'abreuvement publiées par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCME, 1999) ainsi que sur l'avis d'experts. En effet, parmi les usages des ressources en eau envisagés par le "SEQ-Eau" figure l'usage "Abreuvement", correspondant à l'aptitude de l'eau à permettre l'abreuvement des animaux d'élevage (Simonet, 2001). Ces références apparaissent plus appropriées que les valeurs limites utilisées dans le système SEQ-Eau, à visée environnementale.

Au regard des données toxicologiques disponibles pour les animaux d'élevage (NRC, 2005), les concentrations maximales rapportées dans l'eau (analyses R1, R2, F1, F2, P1 et P2) du baryum, du bore, du chrome, du nickel, du plomb, du zinc et du cuivre ne sont pas susceptibles de présenter un risque toxicologique pour la santé des bovins¹ et des ovins². Ceci est confirmé par les recommandations du « SEQ-Eau-abreuvement » et par celles d'autres pays concernant les teneurs maximales en éléments chimiques de l'eau d'abreuvement, présentées dans le **tableau 2**. Les seuls micropolluants minéraux, dont la concentration dans l'eau à l'un au moins des six points de prélèvements sus-cités est supérieure à ces recommandations, sont l'aluminium, le fer et le manganèse.

¹ Hypothèse d'une consommation quotidienne de 100 l d'eau pour un bovin de 700 kg

² Hypothèse d'une consommation quotidienne de 10 l d'eau pour un ovin de 70 kg

Tableau 1 : Comparaison des résultats d'analyse du cours d'eau avec les recommandations existantes pour l'abreuvement en France (Seq-Eau abreuvement)

	analyse R1	analyse R2	analyse F1	analyse F2	analyse P1	analyse P2	Seq-Eau abreuvement		
							borne bleue	borne jaune	borne rouge
Aluminium total (mg/l)	0,551	0,225	20,72	1,74	0,65	13,14			
Antimoine (µg/l)	< 5	<5	< 5	<5	< 5	<5			
Arsenic (µg/l)	< 5	<5	5	<5	7	<5	50	500	
Argent (µg/l)	<50	<50	<50	<50	<50	<50			
Baryum (mg/l)	0,02	0,15	0,3	0,03	0,07	0,07			
Bore (mg/l)	<0,01	<0,01	<0,01	0,49	0,33	0,53			
Cadmium (µg/l)	<0,5	<0,5	2	<0,5	<0,5	<0,5	5	20	
Chrome (µg/l)	<2	<2	44	14	16	22	50	1000	
Etain (µg/l)	<50	<50	<50	<50	<50	<50			
Fer (µg/l)	265	432	29340	2335	5750	8390			
Manganèse (µg/l)	29	108	2275	482	2122	2390			
Nickel (µg/l)	<5	<5	36	12	14	20	50	1000	
Plomb (µg/l)	<5	<5	73	<5	<5	15	50	100	
Zinc (mg/l)	<0,05	<0,05	0,97	0,39	<0,05	0,15	5	50	
Cuivre (mg/l)	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	0,5	5	

Le "SEQ-Eau" définit trois niveaux de qualité de l'eau :

Bleu Eau permettant l'abreuvement de tous les animaux, y compris les plus sensibles (animaux jeunes, en gestation ou allaitant).

Jaune Eau permettant l'abreuvement des animaux adultes, moins vulnérables (bovins, ovins), mais demandant une surveillance accrue.

Rouge Eau inapte à l'abreuvement des animaux.

Tableau 2 : Recommandations existantes pour l'abreuvement dans les autres pays

	USA			Afrique du Sud (DWAF, 1996) ³	Australie ⁴	Allemagne ⁵	Pays-Bas ⁶	Canada ⁷
	NAS ⁸	USPA ⁹	CAST ¹⁰					
Aluminium total (mg/l)	5			5	5			5
Antimoine (µg/l)								5000
Arsenic (µg/l)	200	5000	500	1000	500	50		25
Argent (µg/l)								
Baryum (mg/l)		0,2						
Bore (mg/l)			5	5	5			5
Cadmium (µg/l)	50	5000	500	10	10	20		80
Chrome (µg/l)					1			50
Etain (µg/l)								
Fer (µg/l)		2000		10000	10000	3000	500	
Manganèse (µg/l)				10000	10000	4000	1000	
Nickel (µg/l)	1000			1000	1000			1000
Plomb (µg/l)	100		100	100	100	100		100
Zinc (mg/l)	25	25	25	20	20		5	50
Cuivre (mg/l)	0,5	1	0,5	0,5	0,5	2		0,5

³ South African water quality guidelines DWAF (Department of water affairs and forestry) 1996

⁴ Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality : volume 3 : primary Industries – Livestock drinking guidelines (October 2000)" du National Water Quality Management Strategy (NWQMS) - Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC), Agriculture and Resource management council of Australian and New Zealand (ARMCANZ). (ANZECC and ARMCANZ 2000)

⁵ Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer protection

⁶ Les paramètres recherchés et leurs limites de qualité sont basés sur ceux de l'eau potable et de l'expérience du secteur vétérinaire

⁷ Concentrations limites maximales recommandées de contaminant dans l'eau d'abreuvement du Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME)

⁸ National Academy of Sciences (NAS). Les valeurs proposées ont une marge de sécurité importante, elles sont basées sur les teneurs normalement retrouvées dans les eaux souterraines et de surface et ne sont pas nécessairement les limites de tolérance de l'animal (NAS 1974)

⁹ United States Environmental Protection Agency (US-EPA 1973)

¹⁰ Council of Agricultural Science and Technology (CAST 1974).

4.2 Ingestion, toxicité et transfert dans les denrées animales, de l'aluminium, du fer et du manganèse chez les bovins et les ovins

4.2.1 Données bibliographiques

4.2.1.1 Aluminium

D'une manière générale, chez les animaux, l'aluminium et ses sels inorganiques ou organiques sont peu absorbés après ingestion. La biodisponibilité par ingestion de l'aluminium et de ses sels est généralement de moins de 1% ; elle est modifiée par de nombreux facteurs, notamment la spéciation et la solubilité de l'aluminium ou de ses sels, la présence d'acides organiques, notamment d'acide citrique, la présence d'anions (augmentation de la biodisponibilité) et la présence de silicates dans l'aliment (diminution de la biodisponibilité). L'aluminium absorbé est éliminé par les urines et dans une moindre mesure par la bile.

Sa toxicité aiguë apparaît faible chez l'animal (Afssa, 2008). A plus long terme, la toxicité de l'aluminium reste très faible et se manifeste uniquement après ingestion pendant plus de deux semaines. Une diminution du poids corporel a été constatée chez des lapins abreuvés avec de l'eau contenant 5 mg/l d'aluminium pendant 12 mois et chez de jeunes rats recevant par gavage 100 ou 200 mg d'aluminium/kg de poids corporel/j. Une diminution de l'utilisation du phosphore a été constatée chez des rats recevant plus de 200 mg d'aluminium/kg d'aliment, ainsi que chez des agneaux et des volailles. Une diminution de l'utilisation du fluor et donc de sa toxicité a aussi été rapportée chez les lapins, les ovins et les volailles. Par ailleurs, le chlorure d'aluminium est reprotoxique (altération de la fertilité et embryolétalité) chez des souris abreuvées pendant 12 semaines avec une eau contenant plus de 1 g de chlorure d'aluminium par litre. Les bovins et les ovins ne paraissent pas présenter de symptômes neurologiques, à la différence des animaux de laboratoire (Puls, 1984, NRC, 2005). La dose maximale d'aluminium tolérable chez les bovins et les ovins est de l'ordre de 1 000 mg/kg d'aliment (NRC, 2005).

Concernant le transfert de l'aluminium de l'aliment aux denrées animales, Valdivia *et al.* (1978) ont montré que des bovins ingérant de 510 à 1410 mg d'aluminium par kg d'aliment pendant 84 jours présentent des concentrations maximales en aluminium dans le muscle, le foie et le rein de 20, 34 et 30 mg/kg de MS (Matière Sèche) respectivement. Des ovins ingérant 2168 mg d'aluminium par kg d'aliment pendant 56 jours présentent des concentrations maximales en aluminium dans le muscle, le foie et le rein de 14, 21 et 22 mg par kg de MS respectivement (Valdivia *et al.*, 1982).

D'après la base de données de composition nutritionnelle du Ciqual (Afssa), les teneurs moyennes en aluminium des viandes de bovins et d'ovins sont de 0,156 mg/kg de MS pour les viandes crues et de 0,85 mg/kg de MS pour les viandes cuites. La teneur moyenne dans le lait est de 0,19 mg/kg de MH (Matière Humide) (non comparable à des teneurs en MS)¹¹.

4.2.1.2 Fer

D'une manière générale, chez les animaux, le fer et ses sels inorganiques ou organiques sont mieux absorbés après ingestion que l'aluminium. La biodisponibilité par voie orale du fer et de ses sels est généralement comprise entre 2 et 20% ; elle est modifiée par de nombreux facteurs, notamment l'âge, l'état physiologique et le statut en fer des animaux, la quantité et la forme chimique du fer et les autres composants de la ration alimentaire (diminution de la biodisponibilité par les phytates et les protéines du lait et du soja). Le fer absorbé est peu éliminé ; lorsqu'il l'est, il est principalement éliminé par les urines et la bile.

Sa toxicité chez l'animal est faible et ne se manifeste qu'après ingestion pendant plusieurs semaines. Elle se manifeste principalement par une baisse d'appétit et de poids corporel. Van

¹¹ Etude de l'alimentation totale française, Leblanc, 2004

Cuyck et Baeten (1993) ont montré qu'une concentration de fer supérieure à 10 mg/l dans l'eau détériore son goût et peut provoquer une baisse de la consommation d'eau chez les bovins réduisant ainsi leurs performances. La dose maximale de fer tolérable chez les bovins et les ovins est de 500 mg/kg d'aliment (NRC, 2005).

Concernant le transfert du fer des aliments aux denrées animales, Rosa *et al.* (1982) ont montré chez des agneaux ingérant 800 mg de fer par kg d'aliment pendant 76 jours, que les tissus dans lesquels s'accumulent le plus le fer sont le foie et les reins (respectivement 1200 et 570 mg/kg de MS), et dans une moindre mesure, le muscle (80 mg/kg de MS). Standish *et al.* (1969) ont mis en évidence chez le mouton que la concentration musculaire en fer n'augmente que de 25% chez des bovins recevant un aliment contenant 1000 mg/kg de fer par rapport à ceux recevant un aliment contenant 100 mg/kg de fer.

D'après la base de données de composition nutritionnelle du Ciqual, les teneurs moyennes en fer des viandes de bovins et d'ovins sont de 61,3 mg/kg de MS pour les viandes crues et de 66,8 mg/kg de MS pour les viandes cuites. La teneur moyenne dans le lait est de 1,6 mg/kg de MH (non comparable à des teneurs en MS)¹².

4.2.1.3 Manganèse

D'une manière générale, chez les animaux, le manganèse et ses sels inorganiques ou organiques sont mieux absorbés après ingestion que l'aluminium. La biodisponibilité par voie orale du manganèse et de ses sels est généralement comprise entre 1 et 8% ; elle est modifiée par de nombreux facteurs, notamment l'âge des animaux, la quantité et la forme chimique du manganèse et les autres composants de la ration alimentaire (calcium, phosphore et fer notamment). La majorité du manganèse circulant se distribue dans le foie. Le manganèse absorbé est éliminé, principalement par la bile, très secondairement par les urines.

Sa toxicité chez l'animal est très faible, le manganèse étant considéré par le NRC (National Research Council) comme l'un des éléments essentiels les moins toxiques. Cependant, une concentration dans l'eau de plus de 1 mg de Mn/l est considérée par l'Agence américaine pour l'enregistrement des substances toxiques et des maladies (ATSDR, 2000) comme un indicateur significatif de l'influence des déchets et des rejets industriels sur l'eau. Sa toxicité se manifeste par une diminution de la concentration sanguine en fer et des modifications hématologiques (anémie), uniquement après ingestion de manganèse inorganique pendant plusieurs semaines. Chez des veaux, une concentration en manganèse de 0,75 mg/l d'eau de boisson n'induit aucun effet toxique (Puls, 1994). La dose maximale de manganèse tolérable chez les bovins et les ovins est de 2000 mg/kg d'aliment, à l'exception des veaux pour lesquels elle est inférieure à 500 mg/kg d'aliment (NRC, 2005).

Concernant le transfert du manganèse des aliments aux tissus animaux, des bovins ingérant 1000 mg de manganèse par kg d'aliment présentent des concentrations en manganèse dans le foie et le muscle de 13 à 27 mg/kg de MS et de moins de 2 mg/kg de MS respectivement (Ho *et al.*, 1984 ; Jenkins and Hidioglou, 1991). Des ovins ingérant 2000 à 4500 mg de manganèse par kg d'aliment présentent des concentrations en manganèse dans le foie et le muscle inférieures à 46 mg/kg de MS et de moins de 2 mg/kg de MS respectivement (Watson *et al.*, 1973 ; Black *et al.*, 1985 ; Wong-Valle *et al.*, 1989).

D'après la base de données de composition nutritionnelle du Ciqual, les teneurs moyennes en manganèse des viandes de bovins et d'ovins sont de 0,43 mg/kg de MS pour les viandes crues et de 0,61 mg/kg de MS pour les viandes cuites. La teneur moyenne dans le lait est de 0,09 mg/kg de MH (non comparable à des teneurs en MS)¹².

¹² Etude de l'alimentation totale française, Leblanc, 2004

4.2.2 Evaluation du risque pour les animaux consommant de l'eau contaminée (à partir des données fournies par la DGAI)

La vache laitière a été choisie comme exemple pour l'évaluation du risque. Ces calculs se basent sur l'hypothèse que l'eau d'abreuvement est la seule source d'aluminium, de fer ou de manganèse pour l'animal. Il est cependant vraisemblable qu'il s'agisse d'un cas d'exposition multiple des ruminants *via* l'ingestion d'eau, de végétaux et sans doute aussi de sol.

4.2.2.1 Aluminium

La concentration maximale en aluminium total d'après les analyses fournies par la DGAI (tableau 1) est de 20,72 mg/l d'eau. Une vache laitière de 700 kg consommant environ 100 l d'eau par jour ingère environ 2000 mg d'aluminium par jour *via* l'eau.

D'après les données issues de la bibliographie (NRC, 2005, *cf* paragraphe 4.2.1.1), la dose maximale d'aluminium tolérable chez les bovins est de l'ordre de 1000 mg/kg d'aliment. En prenant l'hypothèse que cette vache consomme quotidiennement une quantité de matière sèche correspondant à 4% de son poids et que cet aliment contient 1000 mg d'aluminium/kg d'aliment sec (dose maximale tolérable), cette vache pourrait ingérer 28000 mg d'aluminium sans risque d'effets néfastes pour sa santé. L'apport d'aluminium par une eau dont la concentration en aluminium est de 20,72 mg/l ne représente qu'environ 7% de l'apport tolérable d'aluminium.

4.2.2.2 Fer

La concentration maximale en fer d'après les analyses fournies par la DGAI (tableau 1) est de 29,34 mg/l d'eau. Une vache laitière de 700 kg consommant environ 100 l d'eau par jour ingère donc environ 2900 mg de fer par jour *via* l'eau.

D'après les données issues de la bibliographie (NRC, 2005, *cf* paragraphe 4.2.1.2), la dose maximale de fer tolérable chez les bovins est de l'ordre de 500 mg/kg d'aliment. En prenant l'hypothèse que cette vache consomme quotidiennement une quantité de matière sèche correspondant à 4% de son poids et que cet aliment contient 500 mg de fer/kg d'aliment sec (dose maximale tolérable), cette vache pourrait ingérer 14000 mg de fer sans risque d'effets néfastes pour sa santé. L'apport de fer par une eau dont la concentration en fer est de 29,34 mg/l représente 21% de l'apport tolérable de fer.

Cependant il a été montré, chez des bovins, qu'une concentration en fer de 10 mg/l d'eau de boisson réduit la prise d'eau et les performances (*cf* paragraphe 4.1.1.2) ; il est ainsi possible de considérer qu'une concentration de l'eau en fer de 29,34 mg/l présente un risque de diminution de la prise hydrique pour la vache laitière.

4.2.2.3 Manganèse

La concentration maximale en manganèse d'après les analyses fournies par la DGAI (tableau 1) est de 2,39 mg/l d'eau. Une vache laitière de 700 kg consommant environ 100 l d'eau par jour ingère donc 239 mg de manganèse par jour *via* l'eau.

D'après les données issues de la bibliographie (NRC, 2005, *cf* paragraphe 4.2.1.3), la dose maximale de manganèse tolérable chez les bovins est de l'ordre de 2000 mg/kg d'aliment. En prenant l'hypothèse que cette vache consomme quotidiennement une quantité de matière sèche correspondant à 4% de son poids et que cet aliment contient 2000 mg de manganèse/kg d'aliment sec (dose maximale tolérable), cette vache pourrait ingérer 56000 mg de manganèse sans risque d'effets néfastes pour sa santé. L'apport de manganèse par une eau dont la concentration en manganèse est de 2,39 mg/l représente 0,5% de l'apport tolérable de manganèse.

5. CONCLUSION

L'aluminium, le fer et le manganèse présentent une faible toxicité chez les bovins et les ovins et ne sont que peu transférés dans les denrées alimentaires d'origine animale susceptibles d'être ingérées par l'Homme.

Les évaluations réalisées chez l'animal, basées sur les résultats d'analyse d'eau fournis par la DGAI, indiquent que seul le fer est présent à une concentration susceptible d'altérer le goût de l'eau et d'entraîner une diminution de la consommation d'eau par les bovins et ovins.

Les évaluations réalisées sur ces trois éléments chimiques considérés individuellement présentent des limites méthodologiques :

- l'eau est considérée comme la seule source d'exposition, en l'absence d'information sur une éventuelle contamination des végétaux et le sol autour des points d'eau. La marge de sécurité pour d'autres sources d'exposition reste cependant importante, notamment pour le manganèse et l'aluminium ;
- par ailleurs, les données bibliographiques concernant le transfert des contaminants concernés dans les différentes denrées (muscle, abats) sont anciennes et peu nombreuses.

Le directeur général

Marc MORTUREUX

MOTS-CLES :

Abreuvement, eau, contaminants chimiques, aluminium, manganèse, fer, bovins, ovins, toxicité

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Afssa (2008). Actualisation de l'exposition par voie alimentaire de la population française à l'aluminium.

ATSDR (2000). Manganese. Atlanta, GA: U.S. Department of health and human services, public health service. Available at <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.html>. Accessed february 29, 2004.

ANZECC and ARMCANZ (2000). Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. Primary Industries - Industries Rationales and background information. Livestock drinking guideline 3.

Black, J. R., C. B. Ammerman, and P. R. Henry (1985). Effects of high dietary manganese as manganese oxide or manganese carbonate in sheep. *J. Anim. Sci.* 60:861-866.

CAST (1974). Quality of water for livestock. Council for Agricultural Science and technology Vol. I. Report No. 26.

- CCME (1999). Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection des utilisations de l'eau à des fins agricoles - introduction. Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement.
- Efsa (2008), Safety of aluminium from dietary intake.
- Hart, B. T. (1974). Compilation of Australian water quality criteria. Australian Water Resources Council Technical Paper. C. Australian government publishing service. 77.
- Ho, S.Y., W. J. Miller, R. P. Gentry, N. W. Neathery, and D. M. Balckmon (1984). Effects of high but nontoxic dietary manganese and iron on their metabolism in calves. *J. Dairy Sci.* 67:1499-1495.
- Jenkins, K. J., and M. Hidioglou (1991). Tolerance of the preruminant calf for excess manganese or zinc in milk replacer. *J. Dairy Sci.* 74 :1047-1053.
- Leblanc J (2004) Etude de l'alimentation totale française. Mycotoxines, minéraux et éléments traces. (Ed Inra).
- MEDD/Agences-de-l'eau (2003). Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau) - Grilles d'évaluation version 2.
- MEDD/Agences-de-l'eau/BRGM (2003). Système d'évaluation de la qualité de l'eau des eaux souterraines. Rapport de présentation version 0.1.
- NRC (2005). Mineral tolerance of animals. National Research Council - Committee on Minerals and Toxic Substances in Diets and Water for Animals - Board on Agriculture and Natural Resources - Division on Earth and Life Studies Second Revised Edition, 2005.
- NAS (1974). Nutrients and toxic substances in water for livestock and poultry. National Academy of Sciences.
- US-EPA (1973). Quality of water for livestock. U.S. Environmental Protection Agency Vol. I. Washington, D.C.
- Puls, R. (1994) Mineral levels in animal health. Second revised edition. Sherpa International.
- Rosa, I. V., C. B. Ammerman, and P.R. Henry (1982). Interrelationship of dietary phosphorus, aluminium and iron on performance and tissue mineral composition in lambs. *J. Anim. Sci.* 55:1231-1240.
- Simonet, F. (2001). Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières : le SEQ-Eau. *Revue de l'agence de l'Eau Adour-Garonne* 81 (Hiver 2001) : 7-9.
- Standish, J. F., C. B. Ammerman, C. F. Simpson, F. C. Neal, and A. Z. Palmer (1969). Influence of graded levels of dietary iron, as ferrous sulfate, on performance and tissue mineral composition of steers. *J. Anim. Sci.* 29:496-503
- Valdivia, R., C. B. Ammerman, P.R. Henry, J.P. Feaster, and C.J. Wilcox (1982). Effect of dietary aluminium and phosphorus on performance, phosphorus utilization and tissue mineral composition in sheep. *J. Anim. Sci.* 55:402-4100.
- Valdivia, R., C. B. Ammerman, P.R. Henry, J.P. Feaster, and C.J. Wilcox (1978). Effect of dietary aluminium on animal performance and tissue mineral level in growing steers. *J. Anim. Sci.* 47:1351-1356.
- Van Cuyck J.H.M. and Baeten P (1993). Extra waterverstreking aan lacterende zeugen. Proefsverlag : Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen, 98.
- Watson, L. T., C. B. Ammerman, J. P. Feaster, and C. E. Roessler (1973). Influence of manganese intake on metabolism of manganese and other mineral in sheep. *J. Anim. Sci.* 26: 213-229
- Wong-Valle, J., P. R. Henry, C. B. Ammerman, and P. V. Rao (1989). Estimation of the relative bioavailability of manganese sources for sheep. *J. Anim. Sci.* 67: 2409-2414.