

A. RELUN^{-1,2,3} - **R. GUATTEO**^{-1,3} - **M-M. AUZANNEAU**⁻²
P. ROUSSEL^{-1,3} - **N. BAREILLE**^{-2,3}

Utilisation des pédiluves en élevage bovin : quels risques pour l'environnement ?

1- Institut de l'Élevage, Département Santé Animale ;
 2- UMR Bioagression, Épidémiologie et Analyse de Risques, ONIRIS-INRA ;
 3- UMT Maîtrise de la Santé des Troupeaux Bovins, Atlanpole-La Chantrerie .
 BP 40706 . 44307 NANTES Cedex 03
 anne.relun@oniris-nantes.fr

RÉSUMÉ

Les pédiluves sont utilisés dans de nombreux élevages bovins en France dans le traitement du fourchet et de la dermatite digitée. Traditionnellement, ce sont le formol et le sulfate de cuivre qui sont utilisés ; les solutions usagées sont ensuite le plus souvent déversées dans les eaux vertes, le lisier et/ou le fumier qui sont ensuite épandus sur les champs. Si le formol est vite dégradé dans l'environnement, il n'en est pas de même du cuivre qui s'accumule en se liant aux matières organiques. L'utilisation intensive de sulfate de cuivre pourrait atteindre dans certaines conditions des seuils toxiques pour les plantes et les organismes aquatiques. La plupart des produits nouvellement commercialisés associent d'autres principes actifs au cuivre ou le présentent sous une forme plus disponible, ce qui permet d'en diminuer fortement la quantité déversée dans l'environnement. Cependant, peu d'essais cliniques permettent de mesurer leur efficacité dans le traitement et la prévention du fourchet et de la dermatite digitée et peu de données d'écotoxicité sont disponibles. Des travaux de recherche restent donc nécessaires avant de pouvoir les substituer complètement au sulfate de cuivre.

Mots clés : bovins, pédiluve, environnement, toxicité, cuivre, formol, désinfectants, antibiotiques, efficacité, dermatite digitée, fourchet

En 1998, la directive 98/8/CE a réglementé la mise sur le marché des produits biocides, dont font partie les désinfectants, prévoyant ainsi de n'autoriser la mise sur le marché que des substances actives qui ont prouvé leur efficacité sans présenter de risques inacceptables pour l'homme et pour l'environnement (Anonymous 1998b). Dès lors, de nombreux

produits de pédiluve sont apparus sur le marché, vantant leurs propriétés de protection des utilisateurs et de l'environnement, en s'opposant au formol et sulfate de cuivre traditionnellement utilisés dans le traitement du fourchet et de la dermatite digitée chez les bovins. Mais que sait-on réellement de la toxicité des différents produits utilisés ? Les pratiques actuelles mettent-elles en danger l'environnement ? Peut-on allier efficacité et absence de toxicité ? C'est à ces questions que nous allons tenter de répondre dans cet article.

COMMENT SONT UTILISÉS LES PÉDILUVES EN FRANCE ?

Les pédiluves sont essentiellement utilisés dans les élevages bovins pour lutter contre le fourchet (dermatite interdigitée et érosion du talon) et la maladie de Mortellaro (dermatite digitée) (Bonney 2009; Delacroix 2009).

Les solutions de pédiluve commercialisées contiennent des désinfectants, formol ou sulfate de cuivre, avec différentes associations : minéraux (sulfate de zinc, d'aluminium), glutaraldéhyde, ammoniums quaternaires, acides (cf. tableau 1).

Bien qu'ils n'aient pas d'AMM en Europe, certains antibactériens (lincomycine, oxytétracycline, érythromycine), ont pu également être utilisés, essentiellement dans un but curatif (Auzanneau 2009; Bonney 2007; Delacroix 2009; Shearer et Elliott 1998).

Les concentrations et les régimes préconisés sont variables en fonction des produits de traitement, de l'effet attendu (préventif versus curatif), des prescripteurs et des exploitations. Aux États-Unis, Nigel Cook (2009) conseille ainsi d'adapter la fréquence d'utilisation en fonction de l'hygiène podale des animaux (Cook 2006). D'autres auteurs adaptent la fréquence d'utilisation à la prévalence des infec-

tions. Le formol est en général utilisé à des concentrations variant de 2,5 à 12,5 % et le sulfate de cuivre dilué de 2 à 10 % (Laven et Logue 2006).

Cependant, vu le flou des recommandations, les éleveurs sont la plupart du temps livrés à eux mêmes quant au meilleur régime à utiliser dans leur exploitation. En France, une étude menée en 2009 par Marie-Madeleine Auzanneau dans 65 exploitations a montré une grande variété des pratiques de traitement, que ce soit sur la régularité des traitements, la fréquence d'application, le nombre d'applications successives, la concentration des produits, le nettoyage préalable des pieds ... (Auzanneau 2009) Concernant la régularité des traitements, seulement 57 % des éleveurs utilisaient les pédiluves de manière régulière, tout au long de l'année ou en période de stabulation uniquement, les autres ne décidant d'en mettre en place qu'après une « flambee » de cas.

Les fréquences de réalisation de pédiluves étaient plutôt mensuelles et au mieux hebdomadaires, avec des applications allant de 1 à 10 jours successifs.

Alors que la plupart des produits de pédiluve sont désactivés par la matière organique, 67 % des éleveurs ne nettoyaient pas les pieds (jet d'eau ou pédiluve d'eau) avant le passage en pédiluve de traitement.

60 % des éleveurs renouvelaient les solutions de traitement au moins tous les 200 animaux. Le paramètre le plus consensuel restait la solution employée, la plupart des éleveurs utilisant du sulfate de cuivre et du formol, le plus souvent associés. Les concentrations utilisées n'étaient par contre pas toujours connues avec exactitude et étaient également variables. A titre d'exemple le formol a été utilisé à des concentrations allant de 2 jusqu'à 30 %, dilution abandonnée par l'éleveur car responsable de boiteries par brûlures ...

Cette étude montre ainsi que la diversité des pratiques ne peut pas permettre de définir une quantité standard de produit utilisé sur un an et que le potentiel toxique devrait être évalué individuellement pour chaque exploitation. On peut considérer que dans la majorité des cas en France, un pédiluve mis en place tout au long de l'année serait appliqué au maximum pendant 4 traites consécutives tous les 15 jours avec des dilutions de sulfate de cuivre à 10 % ou de formol à 5 %.

Quant au devenir des produits de pédiluve, aucun stockage ni retraitement particuliers ne sont réalisés. Une fois utilisés, les produits de pédiluve sont déversés sur le sol et se retrouvent mélangés aux effluents d'élevage (eaux vertes, lisiers et/ou fumiers) de bovin. Les produits se retrouvent donc in fine épandus sur les champs.

Tableau 1 : Composition des principaux produits pour pédiluves commercialisés en France

Nom déposé	CuSO4	Minéraux chélatés ***	Ammoniums quaternaires	Glutaraldéhyde	AlSO4	ZnSO4	Acides	Formaldéhyde
Anti-Germ deska®	X		X	X	X			
Delaval Double Action®			X				X	
Delaval solution pédiluve 500®	X			X			X	
Formol								X
Hoof-Fit pédiluve®		X					X	
Kling on blue®	X					X	X	
Pat' Net®	X*			X		X		
Pédiline®	X		X	X	X			
Pédilluve®	X**						X	
Podocur®	X		X	X	X	X		
Septicare®		X				X		
Sulfate de cuivre	X							
Sulfate de zinc						X		
Virocid®			X	X				

CuSO4 : sulfate de cuivre ; AlSO4 : sulfate d'aluminium ; ZnSO4 : sulfate de zinc

** cuivre ionisé ; ** acide cuivrique + diméphas + violet de gentiane ; *** cuivre et zinc*

QUELLES MOLÉCULES POTENTIELLEMENT TOXIQUES POUR L'ENVIRONNEMENT SONT PRÉSENTES DANS LES PRODUITS DE PÉDILUVE ?

CUIVRE

Le cuivre est un élément essentiel pour la croissance des plantes et pour de nombreuses fonctions physiologiques animales (formation de l'hémoglobine, maturation des polynucléaires neutrophiles, cofacteur enzymatique) mais, comme de nombreux oligoéléments, il n'est nécessaire qu'en faibles quantités. Sa toxicité dépend de la forme chimique sous laquelle il est présent dans les sols, qui conditionne aussi sa mobilité dans le sol et sa capacité à être absorbé par les plantes.

Données agronomiques

Le cuivre présent dans le sol peut avoir une origine naturelle ou être issu d'apports anthropiques. Les principales sources connues de cuivre anthropique sont les produits antifongiques, les émissions industrielles, et les compléments alimentaires cuivrés utilisés en élevage porcin. Ainsi les concentrations en cuivre total dans le sol varient considérablement (Conseil canadien des ministres de l'environnement 1999; Rankin 2004).

En France, les teneurs en cuivre total dans le sol s'étalent de 2 à 420 mg/kg, avec une valeur moyenne de 20 mg/kg (Baize 2000), alors que le seuil de la norme NF U 44-041 est fixé à 100 mg/kg (seuil fixé par le décret 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement

des eaux usées et l'arrêté complémentaire du 8 janvier 1998(Anonymous 1998a)). Les fortes valeurs sont concentrées dans quelques régions viticoles (Bordelais, vignobles du Val de Loire).

Cependant ces données correspondent à la teneur en cuivre total, qui ne permet pas de mettre en évidence des contaminations plus légères et diffuses comme celles d'origine industrielle ou celles liées aux élevages porcins. Pour mesurer les teneurs en cuivre plus mobile que le cuivre total, il faut alors mesurer les teneurs de cuivre extrait à l'EDTA. Les teneurs mesurées en France montrent une diffusion plus vaste sur le territoire avec des zones contaminées en Bretagne, Nord de la France, région parisienne, Provence, ... (cf. Figure 1).

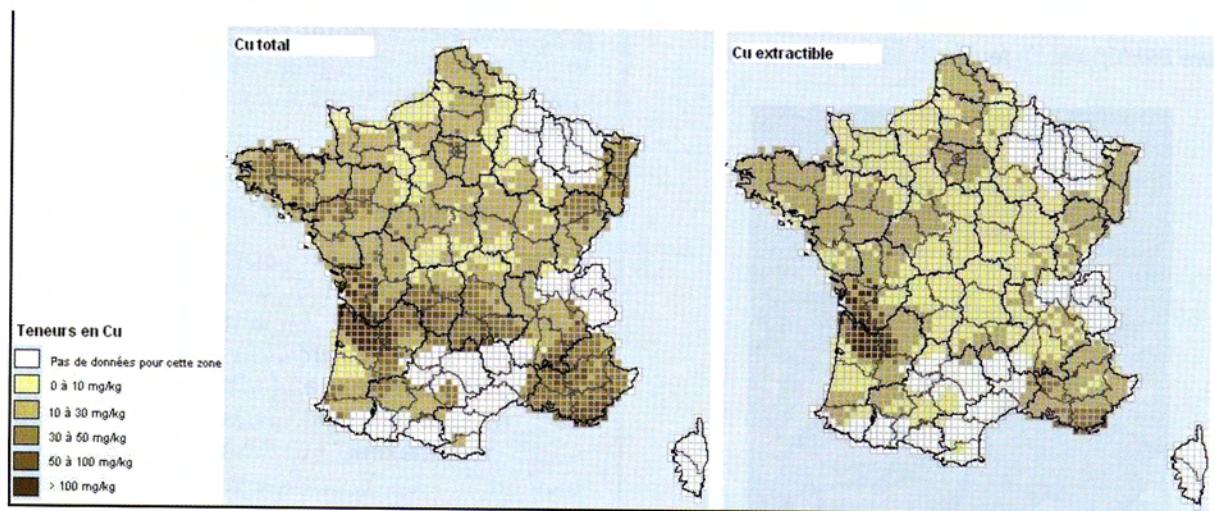
La différence de répartition observée montre que la mobilité relative du cuivre peut varier selon les sources. Le cuivre provenant des industries ou de l'élevage est en proportion nettement plus mobile, et potentiellement plus toxique, que celui en provenance des traitements viticoles (ADEME et al. 2008; L'Herroux et al. 1997).

Devenir dans l'environnement et impact sur les écosystèmes

Bioaccumulation

Un des principaux problèmes quant à l'écotoxicité du cuivre vient de son potentiel à s'accumuler lors d'apports répétés : il a en effet une forte affinité pour les matières organiques contenues dans les sols auxquelles il se fixe et est très peu prélevé par les plantes (Rankin 2004). Ainsi, sa toxicité doit bien être considérée au vu d'apports répétés sur plusieurs années.

Figure 1 a et b : Répartition des teneurs en cuivre total (1a) et cuivre extractible (1b) dans les sols français (d'après (Toutain et Yart 2010))



Ecotoxicité

On entend par écotoxicité au sens de la directive 98/8/CE, l'effet néfaste d'une substance chimique « pour un milieu naturel, c'est à dire l'eau (sédiments compris), le sol ou l'air et les organismes non visés présents dans ces milieux » (Anonymous 1998b). Les tests réalisés comprennent des tests d'écotoxicité terrestre (bactéries, acariens, vers de terre, plantes), aquatique (bactéries, microalgues, rotifères, microcrustacés) et des sédiments.

En France, l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) est chargé d'établir des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, en utilisant en priorité des informations publiées et reconnues, et de formuler des propositions pour certains paramètres d'évaluation de l'exposition et pour les concentrations sans effet prévisible sur l'environnement - faune/flore - [valeur PNEC].

Phytotoxicité

Lorsqu'il est présent en trop forte quantité dans les solutions au contact des racines des plantes, le cuivre absorbé inhibe la photosynthèse et la division cellulaire. Cela se traduit par une diminution du développement racinaire, une diminution de croissance et de la chlorose des feuilles (cf. Figure 2). Les concentrations ayant des effets phytotoxiques varient selon les espèces, la plus faible observée étant de 50 mg/kg de sol sec (Conseil canadien des ministres de l'environnement 1999).

En France, les valeurs limites acceptables dans les sols ont été fixées à 100 mg/kg de matière sèche (Anonymous 1998a).

Toxicité pour les organismes aquatiques

Le cuivre est réputé toxique pour les organismes aquatiques. Divers seuils existent pour définir sa toxicité. En considérant la CE50 [concentration effective où l'on observe 50 % d'effet toxique], 90% des espèces aquatiques sont protégées lorsque la

Figure 2 : chlorose de feuilles induite par le cuivre



concentration en cuivre est inférieure à 8,3 µg/l pour les tests aigus en eau douce (6,3 µg/l en eau marine), et de 3,8 µg/l en exposition chronique (6,4 µg/l en eau marine) (Gilbin 2005).

En France, l'INERIS a ainsi fixé des PNEC à 1,6 µg/l pour l'eau douce et 0,8 µg/l pour l'eau marine (INERIS 2005).

Toxicité pour les ruminants

La toxicité du cuivre chez les ovins est bien documentée, avec notamment des intoxications sur des pâtures fertilisées avec du lisier de porc ou sur des pâtures où le cuivre a été utilisé en fongicide pour traiter des arbres fruitiers pendant plusieurs années consécutives (Kerr et McGavin 1991; Oruc et al. 2009). L'intoxication chronique conduit à une hépatite, une insuffisance rénale et une hémolyse intravasculaire suite au relargage du cuivre dans la circulation sanguine lorsque l'accumulation de cuivre dépasse les capacités de stockage hépatique. Elle se traduit cliniquement par une faiblesse généralisée, une anorexie, un ictère, de l'hémoglobinurie et aboutit rapidement à la mort de l'animal (Bremner 1998; Pouliquen et Herv 2002).

Les seuils de toxicité par ingestion en continu sont pour cette espèce de 15 à 20 mg/kg d'aliment sec, les agneaux et certaines races y étant plus sensibles (Texel, Suffolk).

La quantité de cuivre absorbée par les ruminants dans les herbages dépend d'une interaction complexe entre le cuivre, le molybdène, le sulfate et potentiellement d'autres minéraux. Les teneurs en cuivre dans les plantes sont en moyenne de 10 à 20 mg/kg (ppm) de matière sèche [MS]. Si la teneur en molybdène est supérieure à 1 mg/kg, alors le cuivre ne peut pas être absorbé à des seuils toxiques. Parmi les plantes à risque, les jeunes plantes ont des teneurs en molybdène plus faibles que les plantes matures et les trèfles sont de bons accumulateurs de cuivre qui sont généralement associés à un empoisonnement au cuivre (Klingberg 2009).

Les autres ruminants ayant des capacités d'élimination biliaire plus importantes, les seuils toxiques sont plus élevés (doses toxiques par consommation répétée de 20-35 mg/kg MS chez les caprins et de 100 mg/kg de MS chez les bovins adultes) (Berny 2005).

Apport de cuivre par les produits de pédiluve

Selon les produits, la quantité de cuivre apportée dans les lisiers par l'utilisation de pédiluve varie de 1 à 130 kg/an. Ainsi, l'utilisation d'un pédiluve à 10 % de sulfate de cuivre tous les 15 jours générerait 130 kg de cuivre par an (cf. Tableau 2).

Sachant que la réglementation française impose une teneur maximale de 12 à 15 kg/ha/an sur 10 ans en fonction de la surface d'épandage (respectivement pâturages ou sols avec un pH <6 et terres

UTILISATION DES PÉDILUVES EN ÉLEVAGE BOVIN : QUELS RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT ?

Tableau 2 : Quantité annuelle de cuivre apportée par 3 solutions de pédiluve contenant du cuivre utilisées en France (utilisation bi-mensuelle d'un pédiluve de 200 l dans une exploitation comptant moins de 150 bovins)

Nom déposé	Concentration en CuSO ₄ (%)	Concentration du Cu dans le produit commercial *(g/kg)	Dilution préconisée par le fabricant (%)	Quantité de Cu pour un pédiluve de 200 l (kg)	Quantité de Cu déversée dans les lisiers** (kg/an)
Sulfate de cuivre	100	250	10	5	130
Anti-germ deska®	5	12,5	3	0,075	2
Pédiline®	1-5	12,5	2	0,05	1

* le Cu compte pour 25% du poids du CuSO₄ ; ** utilisation bimensuelle d'un pédiluve de 200 l deux fois par jour tous les 15 jours avec renouvellement du produit tous les 2 passages (moins de 150 bovins)

Tableau 3 : Efficacités préventives et curatives des solutions de pédiluve sans formol et sulfate de cuivre pur contre la dermatite digitée (DD) et le fourchet

Produit Nom déposé	Efficacité curative contre la DD	Efficacité préventive contre la DD	Efficacité contre le fourchet	Références bibliographiques
Delaval Double Action®	variable	non	inconnue	(Goossens et Hemling 2007; Hemling <i>et al.</i> 2007; Thomsen <i>et al.</i> 2008)
Delaval solution pédiluve 500®	non	inconnue	inconnue	(Bergsten <i>et al.</i> 2007)
Hoof Clear ®*	oui	inconnue	non	(Jorritsm <i>et al.</i> 2007)
Hoof-fit ®**	oui	inconnue	inconnue	(Janneke Plomp 2002)
Hoof Pro + ®*	variable	non	inconnue	(Britt <i>et al.</i> 1996; Hernandez <i>et al.</i> 1999; Manske <i>et al.</i> 2002)
Kickstart ®	non	non	inconnue	(Thomsen <i>et al.</i> 2008)
Pédiline ®	oui ***	inconnue	inconnue	(Brydl <i>et al.</i> 2004)
Virocid ®	non	non	inconnue	(Thomsen <i>et al.</i> 2008)

* non commercialisé en France ; ** associé à traitement topique individuel ; *** rythme d'application > préconisations fabricant

labourables à pH > 6) (Anonymous 1998a; Institut de l'Elevage 2009), avec l'utilisation bimensuelle d'un pédiluve à 10 % de sulfate de cuivre, il faudrait épandre la totalité des effluents produits sur un an pendant 10 années consécutives sur une même parcelle de moins de 10 hectares pour atteindre ces seuils toxiques, ce qui semble très peu probable.

Aux Etats-Unis où les administrations de pédiluve sont plus fréquentes (de 3 jours par semaines à une utilisation en continu), les avis sur les risques de toxicité pour le sol et les plantes sont contradictoires. Klinberg (2009) conclut qu'au vu de l'utilisation et des pratiques d'épandages, les risques sont faibles (Klingberg 2009), tandis qu'Epperson (2007) estime que les sols pourraient se retrouver saturés en 5 à 30 ans si aucune précaution n'est prise (Epperson et Midla 2007).

AUTRES PRINCIPES ACTIFS

FORMOL

Le formol ne semble pas représenter de risque pour l'environnement puisqu'il est rapidement dégradé dans l'air, l'eau et le sol (Epperson et Midla 2007). Il présente par contre des risques pour les utilisateurs

puisque'il est irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires. Il est responsable de cancers naso-pharyngés lors d'expositions répétées (INRS 2008). Il a été classé dans le groupe 1 des agents cancérigènes par le CIRC (cancérogène pour l'homme) et ne devrait être utilisé qu'avec des gants et un masque respiratoire (INRS 2008).

ANTIBIOTIQUES

Aucune donnée n'est disponible quant au potentiel écotoxique des antibiotiques utilisés dans les pédiluves. Cependant, leur impact semble être minime et ce pour 3 raisons :

- leur dégradation au contact des matières organiques (Laven et Logue 2006),
- leur faible utilisation par les éleveurs (utilisation hors AMM),
- leur utilisation relativement ponctuelle (en curatif après une « flambée » plutôt qu'en préventif de manière continue).

Les risques quant à leur utilisation sont plutôt dans le risque de développement de résistances contre les bactéries incriminées dans le fourchet et la dermatite digitée (cf. (Laven et Logue 2006) et article

de Raphaël Guatteo dans ce recueil). A ce jour, aucune publication n'est néanmoins disponible à ce sujet.

AUTRES DÉSINFECTANTS

Peu de données existent sur l'écotoxicité des autres désinfectants rentrant dans la composition des pédiluves moléculaires (aldéhydes, ammoniums quaternaires, acides organiques). Leur faible concentration dans les solutions (souvent 5 à 10 % des solutions commerciales elles-mêmes diluées à 2 à 5 %), leur impact semble minime voir nul.

Les désinfectants contenant moins ou pas de cuivre sont-ils aussi efficaces dans le traitement et la prévention du fourchet et de la dermatite digitée ?

Relativement peu d'essais cliniques ont été menés afin de valider l'efficacité préventive et curative des solutions de pédiluve sans antibiotiques, formol et sulfate de cuivre contre la dermatite digitée et le fourchet (cf. Tableau 3).

Les produits les plus prometteurs semblent être ceux à base de minéraux chélatés (Hoof Fit®, Hoof Clear®), mais avec des procédés d'application pas toujours adaptés aux pratiques françaises (application en continu ou passage de tous les animaux en travail de pareur pour un traitement au cas par cas préalable). D'autres recherches restent nécessaires pour évaluer l'efficacité de ces produits dans des conditions d'utilisation acceptables par les éleveurs. Une étude est actuellement en cours dans notre unité sur ce sujet.

CONCLUSION

Le sulfate de cuivre dilué à 10 % reste avec le formol un des produits les plus utilisés en pédiluve comme méthode de lutte contre la dermatite digitée et le fourchet dans les exploitations bovines françaises. Déversé dans les effluents d'élevage, il présente un potentiel toxique lors d'épandage pour les plantes et les organismes aquatiques du fait de son accumulation dans les sols. Même si les seuils toxiques ne semblent pas devoir être atteints sur le territoire français, vu la variété des teneurs en cuivre dans le sol et la variété des pratiques de traitement, des analyses des sols et du lisier seraient à conseiller avant épandage, notamment dans les régions viticoles et d'élevage de porc.

Des produits de pédiluve contenant du cuivre en moindre quantité semblent intéressants mais peu d'essais cliniques ont montré leur efficacité dans des conditions d'utilisations compatibles avec les pratiques des éleveurs. Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les efforts de recherche afin de pouvoir proposer aux éleveurs des méthodes de lutte contre le fourchet et la dermatite digitée à la fois pratiques, efficaces, rentables et respectueuses de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- ADEME, INRA, IRD, MAP, MEEDDAT-IFEN & RÉGIONS (2008) La Lettre du GIS Sol n°15 - Le cuivre et sa mobilité dans les sols en France. In La Lettre du GIS Sol
- ANONYMOUS (1998a) Arrêté du 08/01/98 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 08/12/97 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. JO du 31 janvier 1998
- ANONYMOUS (1998b) Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides. Ed J. O. D. C. Européennes
- AUZANNEAU, M. M. (2009) Maladie de Mortellaro : état des lieux des pratiques de gestion. Nantes, France. p 171
- BAIZE, D. (2000) Teneurs totales en "métaux lourds" dans les sols français. Résultats généraux du programme ASPITET. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA 39, 39-54
- BERGSTEN, C., HULTGREN, J. & HILLSTROM, A. (2007) Using copper sulphate, peracetic acid or a combination of both in foot bath for the control of digital dermatitis and heel horn erosion in dairy cows. In Animal health, animal welfare and biosecurity. Proceedings of 13th International Congress in Animal Hygiene, Tartu, Estonia, 17-21 June, 2007. volume 1. p 96
- BERNY, P. (2005) Les intoxications par le cuivre. http://www2.vet-lyon.fr/ens-/pharmatox/berny_pdf/CM13aCuivre.pdf Access, 2005
- BONNEFOY, J. M. (2007) La dermatite digitée ou maladie de Mortellaro (situation actuelle, perspectives de maîtrise). In Journées Nationales des GTV. Ed S. N. D. G. Vétérinaires. Nantes, France. pp 125-131
- BONNEFOY, J. M. (2009) Reconnaître et traiter les maladies du pied chez les bovins. Bulletin des GTV 50, 23-38
- BREMNER, I. (1998) Manifestations of copper excess. Am J Clin Nutr 67, 1069S-1073
- BRITT, J. S., GASKA, J., GARRETT, E. F., KONKLE, D. & MEALY, M. (1996) Comparison of topical application of three products for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cattle. J Am Vet Med Assoc 209, 1134-1136
- BRYDL, E., JURKOVICH, V., KÄRNYVES, L., TIRIÄN, A. E., ALEXOV, M. & VONA, F. (2004) Treatment of digital dermatitis without using of antibiotics - a clinical trial. In Proceedings of the 13th International Symposium and 5th Conference on Lameness in Ruminants, Maribor, Slovenija, 11-15 February 2004. Ed B. Zemljä . Unknown; Slovenia, Unknown
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (1999) Recommandations canadiennes

UTILISATION DES PÉDILUVES EN ÉLEVAGE BOVIN : QUELS RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT ?

pour la qualité des sols : Environnement et santé humaine — cuivre (1999). In Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement. Winnipeg, le Conseil

COOK, N. (2006) Footbath Alternatives. Dairyland Hoof Care Institute

DELACROIX, M. (2009) Diagnostic, traitement et prévention de la maladie de Mortellaro. Bulletin des GTV 50, 49-58

EPPERSON, B. & MIDLA, L. (2007) Copper sulfate for footbaths - issues and alternatives. In Proceedings of the 2007 Tri-State Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, Indiana, USA, 24-25 April, 2007. Ed M. L. Eastridge. Ohio; USA, Ohio State University

GILBIN, R. (2005) Caractérisation de l'exposition des écosystèmes aquatiques à des produits phytosanitaires : spéciation, biodisponibilité et toxicité. Exemple du cuivre dans les eaux de ruissellement de parcelles viticoles (Roujan, Hérault, France). Faculté des sciences de l'Université de Genève et Université Montpellier 1. p 216

GOOSSENS, X. & HEMLING, T. (2007) Comparison of the efficacy of double action and copper sulphate footbath solutions for the control of digital dermatitis in lactating dairy cows. In Proceedings of the Fortieth Annual Conference, American Association of Bovine Practitioners, Vancouver, British Columbia, Canada, 20-22 September, 2007. Ed R. A. Smith. Stillwater; USA, American Association of Bovine Practitioners

HEMLING, T., JANOWICZ, P. & BLOWEY, R. (2007) The effect of different footbath solutions on hoof health. In Proceedings of the Fortieth Annual Conference, American Association of Bovine Practitioners, Vancouver, British Columbia, Canada, 20-22 September, 2007. p 291

HERNANDEZ, J., SHEARER, J. K. & ELLIOTT, J. B. (1999) Comparison of topical application of oxytetracycline and four nonantibiotic solutions for treatment of papillomatous digital dermatitis in dairy cows. J Am Vet Med Assoc 214, 688-690

INERIS (2005) Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Cuivre et ses dérivés - Version N°1-5-février 05. INERIS. p 66 pp.

INRS (2008) Le point des connaissances sur le formaldéhyde. ED 5032. INRS. p 4

INSTITUT DE L'ELEVAGE (2009) L'épandage des boues d'épuration sur prairies en élevage laitier. Guide pratique. In Synthèse, Institut de l'Élevage. p 34

JANNEKE PLOMP, G. H. M. (2002) Practical trial. Intra-Bath concept. Haafte, Neth, HX-UTD Nutreco / Intracare BV Haafte. p 12

JORRITSM, R., LANSINK, B. J. G. & DOPFER, D. (2007) [Comparison of the effects of two walk-through footbaths on the prevalence of digital dermatitis and interdigital dermatitis on a commercial dairy farm]. Tijdschr Diergeneeskd 132, 949-952

KERR, L. A. & MCGAVIN, H. D. (1991) Chronic copper poisoning in sheep grazing pastures fertilized with swine manure. J Am Vet Med Assoc 198, 99-101

KLINGBERG, K. (2009) Copper Sulfate Foot Bath Treatment for Animal Health: Impact on Manure Nutrient Content, Crops, Soil and the Environment., Discovery Farms Program

L'HERROUX, L., ROUX, S. L., APPRIOU, P. & MARTINEZ, J. (1997) Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). Environmental Pollution 97, 119-130

LAVEN, R. A. & LOGUE, D. N. (2006) Treatment strategies for digital dermatitis for the UK. Vet J 171, 79-88

MANSKE, T., HULTGREN, J. & BERGSTEN, C. (2002) Topical treatment of digital dermatitis associated with severe heel-horn erosion in a Swedish dairy herd. Prev Vet Med 53, 215-231

ORUC, H. H., CENGIZ, M. & BESKAYA, A. (2009) Chronic copper toxicosis in sheep following the use of copper sulfate as a fungicide on fruit trees. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation 21, 540-543

POULIQUEN & HERV (2002) Toxicologie : Principales intoxications des petits ruminants. Maisons-Alfort, FRANCE, Point vétérinaire

RANKIN, M. (2004) Agronomic and Environmental Issues with Foot Bath Solution Land Spreading. In 4-State Dairy Conference. Wisconsin, USA

SHEARER, J. K. & ELLIOTT, J. B. (1998) Papillomatous digital dermatitis: treatment and control strategies - part I. Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian 20, S158...S166, S173

THOMSEN, P. T., SORENSEN, J. T. & ERSBOLL, A. K. (2008) Evaluation of three commercial hoof-care products used in footbaths in Danish dairy herds. J Dairy Sci 91, 1361-1365

TOUTAIN, B. & YART, G. (2010) INDIQUASOL : Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols. <http://indiquasol.gissol.fr/geoindiquasol/index.php> Accessed 2010/03/03 Access, 2010