

Savoir  
faire

# Nutrition minérale des ruminants

François Meschy



éditions  
Quæ



# Nutrition minérale des ruminants

François Meschy

Éditions Quæ  
c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles Cedex

Collection *Savoir-faire*

La gestion du trait de côte  
Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer  
2010, 292 p.

Le campagnol terrestre : prévention et contrôle des populations  
Pierre Delattre, Patrick Giraudoux, coord.  
2009, 304 p.

Retenues d'altitude  
Laurent Peyras, Patrice Mériaux, coord.  
2009, 352 p.

Référentiel pédologique 2008  
Association française pour l'étude du sol  
Denis Baize, Michel-Claude Girard, coord.  
2009, 432 p.

Santé de la crevette d'élevage en Nouvelle-Calédonie  
Alain Herbland, Yves Harache, coord.  
2008, 160 p.

Éditions Quæ  
RD 10  
78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2010

ISBN : 978-2-7592-0509-7

ISSN : 1952-1251

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6<sup>e</sup>.

# Préface

Grâce aux données scientifiques acquises depuis un demi-siècle, la nutrition minérale des animaux domestiques, et des ruminants en particulier, est maintenant possible de façon rationnelle, ce qui permet d'optimiser les performances en prévenant les diverses pathologies de déficience ou de carence. Comme le niveau technique des interlocuteurs de la recherche a simultanément progressé, il ne suffit plus de fournir des recettes à appliquer : il faut aussi expliquer les principales bases scientifiques ayant permis leur élaboration et répondre à la légitime curiosité des utilisateurs.

Tel est l'objet du livre publié par François Meschy dont le but n'est pas seulement de rappeler ou de justifier les recommandations d'apport alimentaire des éléments minéraux majeurs et des oligoéléments, mais aussi de présenter clairement leurs principales fonctions, les mécanismes de leur action, les étapes de leur métabolisme et les causes des divers troubles pathologiques résultant d'un apport insuffisant. Sa crédibilité est renforcée par l'imposante compilation bibliographique réalisée et exploitée par l'auteur, plaçant ce livre au même rang que ses meilleurs équivalents étrangers, avec l'originalité d'une présentation plus complète des fonctions et du métabolisme des minéraux dans le rumen... et le gros avantage d'être en français !

Un tel ouvrage de synthèse consacré à la nutrition minérale manquait dans notre pays. Certes, il y a eu le « livre rouge » en 1978 (Inra, 1978), première « bible » française sur le sujet, et ses répliques ultérieures plus condensées, mais la dispersion des minéraux dans de nombreux chapitres en rendait la lecture difficile et ne répondait pas à la curiosité du lecteur voulant « tout savoir sur les minéraux ».

La grande expérience de l'auteur, dont la carrière à l'Inra a été entièrement consacrée à l'alimentation minérale des ruminants, en alliant dans un bon équilibre recherche expérimentale et développement auprès des professionnels de l'élevage et de l'industrie de l'alimentation animale, lui a permis de bien anticiper les questions qui se posent et d'y répondre le plus clairement possible.

En effet, ce livre présente aussi l'originalité — et le grand mérite — de s'adresser directement aux éleveurs et formulateurs d'aliments dans un copieux dernier chapitre consacré à des considérations pratiques. Les professionnels pourront y trouver les données essentielles sur l'apport de minéraux par les principaux aliments, les risques de déficience de certaines rations, les caractéristiques des sels

minéraux complémentaires utilisés, le mode simplifié de calcul de la formule de l'aliment minéral approprié et les modalités de son utilisation.

Nul doute que cet ouvrage, qui couronne une longue carrière dans ce domaine, fera date dans notre pays et contribuera à assurer une bonne nutrition minérale des ruminants, en évitant les excès préjudiciables à l'environnement.

**Léon Guéguen**

Directeur de recherches honoraire de l'Inra  
Membre de l'Académie d'agriculture de France

# Table des matières

<b>Préface</b>	3
<b>Avant-propos</b>	9
<b>Remerciements</b>	11
<b>Introduction</b>	13
Les éléments minéraux dans la nutrition des ruminants	13
La nutrition minérale et l'évolution des objectifs de l'élevage des ruminants	14
L'aliment minéral	17
<b>Les éléments minéraux dans l'écosystème ruminal</b>	19
Méthodes expérimentales	19
Contrôle des constantes physico-chimiques du rumen	21
Nutrition minérale des micro-organismes du rumen	24
Phosphore	24
Soufre	31
Cobalt	34
<b>Éléments minéraux majeurs</b>	37
Considérations générales	37
Phosphore et calcium	42
Rôles physiologiques	42
<i>Phosphore</i>	43
<i>Calcium</i>	43
Absorption et excrétion	44
<i>Phosphore</i>	44
<i>Calcium</i>	48
Homéostasie	50
Troubles de la régulation	51
<i>Urolithiase</i>	51
<i>Fièvre vitulaire</i>	53
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	55
<i>Carences</i>	55
<i>Excès</i>	55
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	56

Apports journaliers recommandés	57
<i>Besoin d'entretien</i>	57
<i>Besoins de production</i>	59
Apports alimentaires	62
Magnésium	66
Rôles physiologiques	66
Absorption, excrétion et homéostasie	67
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	70
<i>Carences</i>	70
<i>Excès</i>	72
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	73
Apports journaliers recommandés	73
Apports alimentaires	73
Électrolytes : potassium, sodium et chlore	74
Potassium	76
<i>Rôles physiologiques</i>	76
<i>Absorption et excrétion</i>	77
<i>Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel</i>	77
<i>Apports journaliers recommandés</i>	78
Sodium et chlore	79
<i>Rôles physiologiques</i>	79
<i>Absorption et excrétion</i>	79
<i>Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel</i>	80
<i>Apports journaliers recommandés</i>	82
Équilibre électrolytique	83
<i>Caractérisation de l'équilibre électrolytique alimentaire</i>	84
<i>Effets du bilan électrolytique sur l'équilibre acido-basique</i>	86
<i>Effets du bilan électrolytique sur la santé et les performances</i>	88
<i>Équilibre électrolytique et stress thermique</i>	92
Apport alimentaire	93
<b>Soufre et oligoéléments</b>	99
Soufre	103
Cobalt	105
Cuivre	108
Rôles physiologiques	108
Absorption, excrétion et homéostasie	110
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	113
<i>Carences</i>	113
<i>Excès</i>	113
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	114
Apports journaliers recommandés	115

Apports alimentaires	115
Iode	116
Rôles physiologiques	116
Absorption, excrétion et homéostasie	116
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	117
<i>Carences</i>	117
<i>Excès</i>	118
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	119
Apports journaliers recommandés	120
Apports alimentaires	121
Manganèse	121
Rôles physiologiques	121
Absorption, excrétion et homéostasie	122
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	123
<i>Carences</i>	123
<i>Excès</i>	124
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	124
Apports journaliers recommandés	125
Apports alimentaires	125
Sélénium	126
Rôles physiologiques	126
Absorption, excrétion et homéostasie	127
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	129
<i>Carences</i>	129
<i>Excès</i>	131
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	131
Apports journaliers recommandés	132
Apports alimentaires	133
Zinc	133
Rôles physiologiques	133
Absorption, excrétion et homéostasie	134
Carences, excès et indicateurs du statut nutritionnel	136
<i>Carences</i>	136
<i>Excès</i>	137
<i>Indicateurs du statut nutritionnel</i>	137
Apports journaliers recommandés	138
Apports alimentaires	139
Oligoéléments potentiellement essentiels ou toxiques	139
Oligoéléments essentiels secondaires	139
<i>Chrome</i>	140
<i>Molybdène</i>	141
Oligoéléments toxiques	142

<i>Arsenic</i>	143
<i>Cadmium</i>	143
<i>Fluor</i>	144
<i>Mercure</i>	144
<i>Plomb</i>	144
<b>Considérations pratiques</b>	147
Choix de l'aliment minéral	148
Estimation de l'apport minéral par la ration	148
Calcul de la formule et de la quantité à distribuer	149
Valeur nutritionnelle de l'aliment minéral	150
Sources d'éléments minéraux majeurs	150
<i>Phosphore</i>	150
<i>Calcium</i>	151
<i>Magnésium</i>	151
<i>Soufre</i>	153
<i>Autres éléments majeurs</i>	153
Sources d'oligoéléments	153
<i>Cuivre</i>	154
<i>Zinc</i>	154
<i>Sélénium</i>	155
<i>Iode</i>	155
<i>Cobalt</i>	155
<i>Manganèse</i>	155
Modalités de la complémentation minérale des rations	156
Complémentation minérale en stabulation	156
Complémentation minérale au pâturage	157
<b>Annexes</b>	161
Annexe 1 — Base de données phosphore	161
Annexe 2 — Base de données magnésium	166
Annexe 3 — Base de données électrolytes	168
Annexe 4 — Exemple de complémentation minérale	170
<b>Références bibliographiques</b>	173
<b>Glossaire</b>	203
<b>Liste des abréviations</b>	207

# Avant-propos

Plusieurs constats sont à l'origine du projet de rédaction de cet ouvrage.

L'alimentation minérale est souvent le « parent pauvre » de la formation initiale agronomique et vétérinaire, alors qu'elle représente un secteur techniquement et économiquement majeur dans les élevages, notamment intensifs, de ruminants.

L'accès à une information technique et scientifique objective en langue française n'est pas toujours facile. Dans les années 1960, l'Association des fabricants de compléments pour l'alimentation animale avait publié un manuel pratique sur l'alimentation minérale des animaux d'élevage (Afca, 1960). Dans sa première édition, le « livre rouge » de l'Inra sur l'alimentation des ruminants (Inra, 1978) faisait la part belle au sujet (55 pages et de nombreux tableaux) mais était répartie en une douzaine de chapitres, ce qui ne facilitait pas la recherche d'information. Néanmoins, cet ouvrage constitue toujours une référence de base. Une synthèse très complète est parue plus récemment : *Les oligoéléments en médecine et biologie* (Chappuis, 1991). Mais comme son titre l'indique, elle ne concerne d'une part que les oligoéléments et, d'autre part, n'est pas à vocation zootechnique. Le lecteur y trouvera cependant des compléments très utiles dans les domaines de la physiologie animale et de la biochimie.

Quelques ouvrages de synthèse consacrés à la nutrition minérale des animaux d'élevage sont disponibles en langue anglaise (Underwood et Suttle, 1999 ; McDowell, 2003) ; ils sont assez complets mais ignorent, à quelques rares exceptions près, la production scientifique européenne hors du Royaume-Uni. Le présent livre consacre un chapitre complet à la relation entre les éléments minéraux et la vie microbienne dans le rumen. Cette thématique a en effet suscité une activité scientifique notable en France alors qu'elle est à peine évoquée dans les publications anglo-saxonnes.

Par ailleurs, il existe un fossé, parfois considérable, entre les faits scientifiquement avérés et ceux qui circulent sur le terrain (et sur internet !).

Ce livre est destiné aux techniciens de l'alimentation animale au sens large, mais aussi, bien entendu, aux éleveurs et aux enseignants et étudiants des filières agronomique et vétérinaire. Il se propose de leur fournir une information objective et actualisée sur le sujet. Il ne s'agit donc pas d'un traité de physiologie animale et encore moins de biochimie. Néanmoins, quelques éléments seront rappelés

lorsqu'ils sont susceptibles d'expliquer leurs conséquences zootechniques. Enfin l'ouvrage se limite volontairement aux ruminants sevrés.

Chaque élément minéral présentant un intérêt nutritionnel sera traité sous l'angle de ses rôles au sein de l'organisme, de son utilisation digestive, des conséquences d'une alimentation inadaptée — insuffisante ou excessive. Les apports journaliers recommandés et ceux permis par les différents aliments seront également abordés.

L'auteur livre enfin dans un dernier chapitre ses réflexions d'ordre pratique inspirées par 25 années d'activité professionnelle à l'Inra dans le domaine de l'alimentation minérale des ruminants.

Dans le secteur de la nutrition minérale des ruminants, la recherche publique française se doit de maintenir et de renforcer sa place dans la communauté scientifique internationale et de continuer, par la diffusion de ses résultats originaux, de contribuer au développement d'élevages performants respectueux de l'environnement.

# Remerciements

En premier lieu, je voudrais exprimer ma profonde et très sincère reconnaissance à Léon Guéguen, directeur de recherches honoraire à l'Inra, « père » des recherches en nutrition minérale des animaux domestiques en France. J'ai eu l'honneur et le plaisir d'être son collaborateur pendant une dizaine d'années au centre de recherche Inra de Jouy-en-Josas où il m'a fait partager son enthousiasme et sa rigueur scientifique, toujours dans la bonne humeur. Son aide m'a été très précieuse lors de la rédaction de cet ouvrage, par ses conseils forts judicieux bien sûr, mais aussi et surtout par ses encouragements renouvelés.

Je remercie vivement Emmanuelle Apper-Bossard d'avoir bien voulu, avec ses yeux de jeune enseignante de l'ESA d'Angers, relire quelques chapitres du manuscrit ; ses remarques amicales et ses suggestions pertinentes m'ont été très utiles.

Un grand merci également à mes collègues de l'industrie de l'alimentation du bétail pour leurs cordiaux encouragements à la réalisation de ce projet dont ils sont en partie à l'origine. Bernard, Éric, Hervé, François, Rémi et les autres se reconnaîtront aisément.

Merci à ma hiérarchie Inra, et tout particulièrement à Daniel Sauvart, directeur de l'UMR Inra-AgroParisTech « Physiologie de la nutrition et alimentation », pour m'avoir permis ces derniers mois de consacrer une partie de mon temps à ce projet, et pour sa lecture critique du chapitre consacré au rumen.

À titre plus personnel, je tiens à exprimer ma gratitude à mon épouse Lidia pour sa patience angélique envers mon peu de disponibilité au cours de ces derniers temps (le printemps froid et pluvieux a été un allié précieux et inattendu), pour la vérification de la liste des références bibliographiques, tâche ingrate s'il en est, la relecture méticuleuse du manuscrit et pour son affectueux soutien. Enfin, un clin d'œil à mon petit-fils Julien pour avoir accepté de bonne grâce que l'accès à l'ordinateur familial soit relativement restreint.

Mes remerciements vont aussi bien sûr à l'équipe éditoriale et technique des éditions Quæ pour la mise en forme définitive de cet ouvrage.



# Introduction

Tous les êtres vivants contiennent des proportions variables d'éléments minéraux dont certains sont essentiels à la réalisation des fonctions biologiques vitales. Une vingtaine d'éléments sont considérés comme indispensables (Underwood et Suttle, 1999) et une quinzaine présentent un réel intérêt en nutrition animale. Le caractère nécessaire de certains d'entre eux (étain, vanadium, silicium, nickel et arsenic) a bien été démontré chez les animaux de laboratoire, mais ils ne font pratiquement jamais défaut en élevage du fait de la contamination, au bon sens du terme, environnementale.

## Les éléments minéraux dans la nutrition des ruminants

Un élément est considéré comme indispensable lorsque son insuffisance dans le régime alimentaire conduit à des perturbations plus ou moins graves des voies métaboliques, et que ces dysfonctionnements cessent avec l'addition de l'élément considéré. Les éléments minéraux sont présents en quantités extrêmement variables dans l'organisme : un bovin adulte contient une dizaine de kg de calcium mais seulement quelques dizaines de mg d'iode ou de cobalt. Les éléments minéraux sont habituellement répartis en éléments majeurs (ou macroéléments), présents en quantité importante dans l'organisme et dont l'apport alimentaire s'exprime en g/kg de matière sèche de la ration (MS), et en oligoéléments (aussi appelés « éléments trace métalliques »), quantitativement beaucoup moins représentés et dont l'apport alimentaire s'exprime en ppm ou en mg/kg MS. Les minéraux sont très inégalement répartis dans les différents tissus : environ 83 % dans l'os, 10 % dans le muscle et 7 % dans la peau, le sang, le cerveau et les viscères. La concentration et la localisation minérales sont assez constantes dans l'organisme des différents mammifères : le tableau 1 présente la classification et l'abondance des éléments minéraux essentiels.

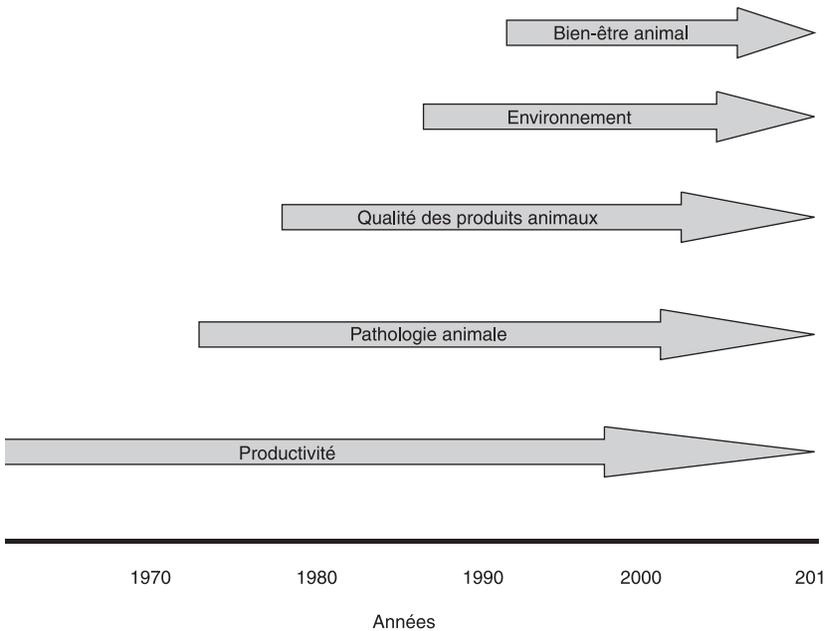
Les éléments minéraux assurent des fonctions variées au sein de l'organisme : ils contribuent à la structure des différents tissus (squelette, muscles, architecture cellulaire), interviennent dans le maintien des grands équilibres biologiques (acido-basique et osmotique en particulier), exercent un rôle catalytique dans les systèmes enzymatiques et hormonaux et régulent la réplication et la différenciation cellulaire. Les rôles particuliers des différents éléments seront détaillés dans les chapitres qui suivent.

**Tableau 1.** Proportions relatives des éléments minéraux dans un organisme de mammifère.

Macroéléments	g/kg	Oligoéléments	mg/kg
Calcium	16	Fer	70
Phosphore	10	Zinc	30
Potassium	2,5	Manganèse	3
Soufre	2,0	Cuivre	2
Sodium	1,5	Iode	0,4
Chlore	1,0	Sélénium	0,2
Magnésium	0,5	Cobalt	0,02

### La nutrition minérale et l'évolution des objectifs de l'élevage des ruminants

Les recherches en nutrition minérale des ruminants en France ont véritablement débuté à l'Inra de Jouy-en-Josas et à l'école vétérinaire de Maisons-Alfort à la fin des années 1950. Depuis, elles ont dû, comme les autres secteurs de l'alimentation, s'adapter aux objectifs successifs de l'élevage (figure 1).



**Figure 1.** Évolution des objectifs de l'élevage.

Le premier objectif, qui demeure d'actualité, a été de considérer l'apport minéral alimentaire comme un facteur d'optimisation de la valorisation des rations et donc de la productivité des ruminants, qui a conduit à l'évaluation de leurs

besoins alimentaires (Inra, 1978) et, un peu plus tard, à ceux des micro-organismes qu'ils hébergent dans leur tube digestif (Guéguen *et al.*, 1987).

L'étude du contenu minéral des fourrages et des aliments concentrés, menée en parallèle, a mis en évidence la nécessité de recourir à des compléments minéraux pour équilibrer les rations, incapables dans leur quasi-totalité de satisfaire l'ensemble des besoins des animaux. La qualité des sources inorganiques complémentaires, en particulier des phosphates, en raison de leur importance nutritionnelle et de leur coût, a fait l'objet de recherches à partir du début des années 1960 (Guéguen, 1961) qui se sont développées dans les années 1970 (Guéguen, 1970).

L'augmentation de la productivité des animaux a eu pour corollaire l'accroissement de la fréquence des troubles métaboliques, notamment d'origine minérale ; des travaux ont été entrepris, et se poursuivent, pour l'étude des mécanismes et des moyens de prévention de l'acidose, des tétanies et de la fièvre vitulaire.

L'alimentation minérale des ruminants n'a que peu d'incidence sur la composition de leurs produits destinés à l'alimentation humaine ; cependant, la place essentielle des produits laitiers pour l'apport en calcium et la supériorité des produits carnés comparés aux végétaux en termes de disponibilité de certains oligoéléments (fer, cuivre et zinc) ont été clairement démontrées.

Vers le milieu des années 1980, l'émergence des préoccupations écologiques a souligné, souvent de manière très excessive, la responsabilité des activités agricoles dans la détérioration du milieu ambiant. L'élevage est montré du doigt pour l'émission des gaz à effet de serre et pour l'azote et le phosphore contenus dans les déjections animales. Seule sera abordée ici la relation entre rejets de phosphore et environnement. Il convient tout d'abord de nuancer les choses en rappelant qu'environ 60 % des rejets de phosphore sont d'origine domestique (principalement rejets physiologiques et utilisation de détergents), tandis que les activités agricoles au sens large en représentent approximativement 20 %, et l'activité d'élevage vraisemblablement moins de 10 % (Meschy *et al.*, 2008). Il est vrai que les élevages de ruminants, de bovins en particulier, contribuent pour les 2/3 aux 300 000 tonnes de phosphore émises annuellement dans les déjections animales. Cette observation doit être relativisée car, d'une part, les rejets en phosphore contenus dans les effluents d'élevage sont valorisés par les productions végétales, fourragères ou non et, d'autre part, la densité des ruminants est relativement modeste à quelques exceptions près. La principale conséquence des rejets excessifs de phosphore dans l'environnement est l'eutrophisation des eaux de surface et littorales, conséquence d'un apport pléthorique de nutriments au milieu aquatique, notamment de nitrates et de phosphates — ces derniers constituant le facteur limitant au développement d'algues, de phytoplancton et éventuellement de végétaux aquatiques comme les lentilles d'eau (figure 2). L'apport de phosphates accélère le processus, le développement exagéré d'algues et de phytoplancton conduit à un appauvrissement en oxygène et à un accroissement du pouvoir réducteur du

milieu. Ceci se traduit par la raréfaction puis la disparition de la vie aquatique aérobie (crustacés, poissons) et à la production de gaz délétères (thiols, méthane). Sans être un véritable problème de santé publique comme l'excès de nitrates dans l'eau pour les nourrissons par exemple, les phosphates ne contaminant pas les nappes phréatiques, l'eutrophisation est un facteur de dégradation de l'environnement pouvant compromettre les loisirs aquatiques dans certaines régions. La réduction de l'émission de phosphates dans les déjections animales requiert un bon ajustement des apports alimentaires de phosphore, notamment inorganique, aux besoins des animaux car toute distribution excédentaire vient augmenter, dans sa quasi-totalité, le flux polluant (Meschy *et al.*, 2008). L'utilisation de sources inorganiques complémentaires de haute valeur nutritionnelle est également un moyen efficace pour limiter le gaspillage de phosphore.

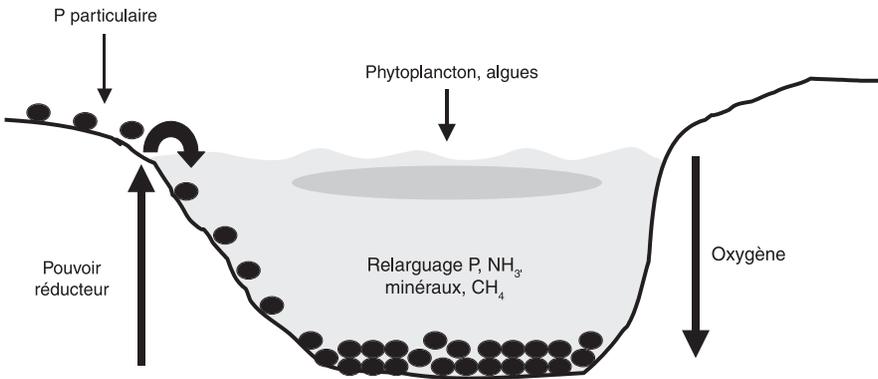


Figure 2. Eutrophisation des eaux de surface.

Les conditions alimentaires susceptibles d'induire des pathologies cliniques ou subcliniques altèrent, bien évidemment, le bien-être des animaux. Cependant, hors de ces situations, les effets directs de la nutrition minérale sur le bien-être et le comportement des ruminants n'ont suscité que peu d'études, dont les résultats sont en outre quelquefois contradictoires. Ainsi, le chrome, parfois considéré comme un facteur antistress, a fait l'objet d'un certain nombre de travaux, dont ceux de Sano *et al.* (2000) qui ont montré l'efficacité de la supplémentation de chrome lors du stress thermique, conséquence d'une meilleure utilisation du glucose, alors que Kegley *et al.* (1997) n'observent aucun effet lors du stress de transport. Des études complémentaires sont nécessaires dans ce domaine, émergeant il est vrai, recherches qui devront probablement être étendues à d'autres éléments comme le cuivre et le zinc. L'acidose latente ou aiguë, qui peut trouver son origine dans un dysfonctionnement du métabolisme minéral, a des répercussions notoires sur le comportement alimentaire (Desnoyer *et al.*, 2008) et induit vraisemblablement un mal-être des animaux.

## L'aliment minéral

Pour les espèces monogastriques, dans la majorité des cas, à l'exception de l'aliment fermier en production porcine, l'équilibre minéral du régime est assuré au stade de la formulation de l'aliment complet par l'incorporation d'un prémélange minéral (et vitaminique). L'éleveur de ruminants connaît une situation tout autre car il doit faire appel à un produit spécifique, l'aliment minéral, anciennement appelé « complément » ou « composé minéral vitaminisé » (CMV), et plus anciennement encore « condiment minéral ». L'aliment minéral (AM) qui est précisément défini au plan réglementaire est supposé corriger toutes les insuffisances minérales (et vitaminiques) d'une ration donnée. Il apparaît immédiatement qu'il ne peut y avoir d'AM universel, valable pour toutes les situations, le choix de l'éleveur devant reposer sur l'analyse de la ration qu'il distribue ; ce point sera développé dans le dernier chapitre. L'usage, sans aucune contrainte réglementaire, est de désigner l'AM par deux, parfois trois chiffres, le premier indiquant le pourcentage de phosphore, le deuxième celui de calcium et l'éventuel troisième la teneur en magnésium ; ainsi, 7-21 indique un AM contenant 7 % de phosphore et 21 % de calcium. Les gammes d'AM présentes sur le marché permettent de corriger efficacement les insuffisances minérales de la plupart des rations distribuées aux ruminants dans notre pays. Les aliments minéraux représentent un secteur non négligeable de l'industrie de l'alimentation du bétail : la production d'AM peut être estimée à environ 320 000 tonnes par an auxquelles il convient d'ajouter la fabrication de pierres et blocs à lécher, de l'ordre de 70 000 tonnes par an. Les aliments minéraux sont destinés à 85 % aux ruminants et à 15 % à la fabrication d'aliments fermiers en production porcine (Afca, comm. pers.).

