

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR

ECOLE INTER - ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERINAIRES
(E.I.S.M.V.)



ANNEE: 2007

N°43

EVALUATION DES DEFICIENCES MINERALES DANS LES ELEVAGES BOVINS EN PERIPHERIE DE LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO, AU BURKINA FASO.

THESE

Présentée et soutenue publiquement le **24 Juillet 2007 à 11 Heures**
devant la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de Dakar
pour obtenir le grade de **DOCTEUR VETERINAIRE**
(Diplôme d'Etat)

Par

Sosthène HABUMUREMYI

Né le 25 Mai 1981 à Bugarura (RWANDA)

JURY :

Président :

Mme Sylvie Gassama SECK

Professeur à la Faculté de Médecine,
de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de
Dakar.

Directeur de thèse :

M. Georges Anicet OUEDRAOGO

Professeur à l'Université Polytechnique de
Bobo-Dioulasso au Burkina Faso.

Rapporteur de thèse :

M. Germain Jérôme SAWADOGO

Professeur à l'E.I.S.M.V de Dakar.

Membres :

M. Yalacé Yamba KABORET

Professeur à l'E.I.S.M.V de Dakar.

M. Serge Niangoran BAKOU

Maître de Conférences Agrégé à l'E.I.S.M.V de Dakar.



ECOLE INTER-ETATS DES SCIENCES ET MEDECINE VETERNAIRES DE DAKAR

**BP 5077 - DAKAR (Sénégal)
Tél. (221) 865 10 08 - Télécopie (221) 825 42 83**

COMITE DE DIRECTION

LE DIRECTEUR

- **Professeur Louis Joseph PANGUI**

LES COORDONNATEURS

- **Professeur Moussa ASSANE**
Coordonnateur des Etudes
- **Professeur Malang SEYDI**
Coordonnateur des Stages et
de la Formation Post-Universitaires
- **Professeur Justin Ayayi AKAKPO**
Coordonnateur Recherches / Développement

PERSONNEL ENSEIGNANT

☛ **PERSONNEL ENSEIGNANT EISMV**

☛ **PERSONNEL VACATAIRE (PREVU)**

☛ **PERSONNEL EN MISSION (PREVU)**

☛ **PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV**

☛ **PERSONNEL ENSEIGNANT DEA- PA**

PERSONNEL ENSEIGNANT

A- DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PRODUCTIONS ANIMALES

CHEF DE DEPARTEMENT : Ayao MISSOHOU, Maître de conférences agrégé

SERVICES

1. ANATOMIE-HISTOLOGIE-EMBRYOLOGIE

Serge Niangoran BAKOU	Maître de conférences Agrégé
Gualbert Simon NTEME ELLA	Assistant
Camel LAGNIKA	Docteur Vétérinaire Vacataire
Teby Fabrice ABONOU	Moniteur

2. CHIRURGIE – REPRODUCTION

Papa El Hassane DIOP	Professeur
Alain Richi KAMGA WALADJO	Assistant
Mlle Doris NKO SADI BIATCHO	Docteur Vétérinaire Vacataire
Mlle Hermine Flore KWIN	Monitrice

3. ECONOMIE RURALE ET GESTION

Cheikh LY	Professeur
Kora Brice LAFIA	Docteur Vétérinaire Vacataire

4. PHYSIOLOGIE-PHARMACODYNAMIE-THERAPEUTIQUE

Moussa ASSANE	Professeur
Rock Allister LAPO	Assistant
Roger RUKUNDO	Moniteur

5. PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES

Germain Jérôme SAWADOGO	Professeur
Nongasida YAMEOGO	Assistant
Justin KOUAMO	Docteur Vétérinaire Vacataire
Mlle Natacha MUMPOREZE	Monitrice

6. ZOOTECHNIE-ALIMENTATION

Ayao MISSOHOU	Maître de Conférences Agrégé
Mlle Marie Rose Edwige POUTYA	Monitrice

B- DEPARTEMENT DE SANTE PUBLIQUE ET ENVIRONNEMENT

CHEF DE DEPARTEMENT : Rianatou BADA ALAMBEDJI, Professeur

S E R V I C E S

1. HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDAOA)

Malang SEYDI	Professeur
Mlle Bellancille MUSABYEMARIYA	Assistante
Khalifa Babacar SYLLA	Attaché de recherche
Sylvain Patrick ENKORO	Docteur Vétérinaire Vacataire
Mlle Clara GREGOIRE	Monitrice

2. MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE-PATHOLOGIE INFECTIEUSE

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur
Mme Rianatou ALAMBEDJI	Professeur
Raoul BAKARI AFNABI	Docteur Vétérinaire Vacataire
Elisée KAMANZI UWILINGIYE	Moniteur

3. PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE APPLIQUEE

Louis Joseph PANGUI	Professeur
Oubri Bassa GBATI	Maître-assistant
Abdoulkarim ISSA IBRAHIM	Docteur Vétérinaire Vacataire
Olivier KAMANA	Moniteur

4. PATHOLOGIE MEDICALE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE-CLINIQUE AMBULANTE

Yalacé Yamba KABORET	Professeur
Yacouba KANE	Assistant
Mme Mireille KADJA WONOU	Assistante
Hubert VILLON	Assistant
Amadou CISSE	Docteur Vétérinaire Vacataire
Ibrahima WADE	Docteur Vétérinaire Vacataire
Charles Benoît DIENG	Docteur Vétérinaire Vacataire
Mlle Aurélie BOUPDA FOTSO	Docteur Vétérinaire Vacataire
Marc NABA	Docteur Vétérinaire Vacataire

5. PHARMACIE-TOXICOLOGIE

Félix Cyprien BIAOU	Maître - Assistant (en disponibilité)
Assiongbon TEKOU AGBO	Attaché de recherche
Lucain WALBADET	Moniteur
Anselme SHYAKA	Moniteur

C- DEPARTEMENT COMMUNICATION

CHEF DE DEPARTEMENT : Professeur YALACE YAMBA KABORET

S E R V I C E S

1. BIBLIOTHEQUE

Mme Mariam DIOUF

Documentaliste

2. SERVICE AUDIO-VISUEL

Bouré SARR

Technicien

3. OBSERVATOIRE DES METIERS DE L'ELEVAGE (O.M.E.)

Marcel Ohoukou BOKA

Docteur Vétérinaire Vacataire

D- SCOLARITE

El Hadj Mamadou DIENG

Vacataire

Mlle Franckline ENEDE

Docteur Vétérinaire Vacataire

Mlle Naomie KENMOGNE

Monitrice

PERSONNEL VACATAIRE (PREVU)

1. BIOPHYSIQUE

Mamadou MBODJ

Maître-assistant

Boucar NDONG

Assistant

Faculté de Médecine et de Pharmacie
UCAD

2. BOTANIQUE

Dr Kandoura NOBA

Maître de Conférences (Cours)

Dr Mame Samba MBAYE

Assistant

IFAN – UCAD

3. AGRO-PEDOLOGIE

Modou SENE

Directeur de Recherche

Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie
(ENSA THIES)

4. ZOOTECHNIE

Abdoulaye DIENG

Docteur Ingénieur

Enseignant à ENSA - THIES

Léonard Elie AKPO

Maître de Conférences

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

5. H I D A O A

. NORMALISATION ET ASSURANCE QUALITE

Mme Mame S. MBODJ NDIAYE

Chef de la division Agro-Alimentaire
de l'Association Sénégalais
de Normalisation

ASSURANCE QUALITE – ANALYSE DES RISQUES DANS LES REGLEMENTATIONS

Abdoulaye DIAWARA
Ousseynou Niang DIALLO

Direction de l'Elevage
du Sénégal

6. ECONOMIE

Oussouby TOURE
Adrien MANKOR

Sociologue
Docteur Vétérinaire –Economiste
Chercheur à l'I.S.R.A.

PERSONNEL EN MISSION (PREVU)

1. ANATOMIE

Mohamed OUASSAT

Professeur

I.A.V. Hassan II (Rabat)

(Maroc)

2. TOXICOLOGIE CLINIQUE

A. EL HRAIKI

Professeur

I.A.V. Hassan II (Rabat)

(Maroc)

3. PATHOLOGIE MEDICALE

Marc KPODEKON

Maître de Conférences Agrégé

Université d'ABOMEY-CALAVI

(Bénin)

4. PARASITOLOGIE

Sahdou SALIFOU

Maître de Conférences Agrégé

Université d'ABOMEY-CALAVI

(Bénin)

5. BIOCHIMIE

Georges Anicet OUEDRAOGO

Professeur

Université de BOBO-DIOULASSO

(Burkina Faso)

6. H.I.D.A.O.A

Youssef KONE

Maître de conférences

Université de NOUAKCHOTT

(Mauritanie)

(Maroc)

7. REPRODUCTION

Hamidou BOLY

Professeur

Université de Ouagadougou

(Burkina Faso)

PERSONNEL ENSEIGNANT CPEV (PREVU)

1. MATHEMATIQUES

Sidi Demba TOURE

Assistant

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

2. PHYSIQUE

Issakha YOUM

Maître de Conférences

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

- **Travaux Pratiques**

André. FICKOU

Maître-Assistant

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

3. CHIMIE ORGANIQUE

Abdoulaye SAMB

Professeur

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

4. CHIMIE PHYSIQUE

Abdoulaye DIOP

Maître de Conférences

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

- **T.P. CHIMIE**

Rock Allister LAPO

Assistant
EISMV – DAKAR

- **T.D. CHIMIE**

Momar NDIAYE

Maître-Assistant
Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

5. BIOLOGIE VEGETALE

Dr Aboubacry KANE

Maître-Assistant

Dr Ngansomana BA

Assistant Vacataire

Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

6. BIOLOGIE CELLULAIRE

Serge N. BAKOU

Maître de Conférences Agrégé
EISMV – DAKAR

7. EMBRYOLOGIE ET ZOOLOGIE

Karamokho DIARRA

Maître de Conférences
Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

8. PHYSIOLOGIE ANIMALE

Moussa ASSANE

Professeur
EISMV – DAKAR

9. ANATOMIE COMPAREE DES VERTEBRES

Cheikh T. BA

Professeur
Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

10. BIOLOGIE ANIMALE (T.P.)

Serge N. BAKOU

Maître de Conférences Agrégé
EISMV – DAKAR

Oubri Bassa GBATI

Maître – Assistant
EISMV – DAKAR

Gualbert Simon NTEME ELLA

Assistant
EISMV – DAKAR

11. GEOLOGIE

. FORMATIONS SEDIMENTAIRES

Raphaël SARR

Maître de Conférences
Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

. HYDROGEOLOGIE

Abdoulaye FAYE

Maître de Conférences
Faculté des Sciences et Techniques
UCAD

12. CPEV

- **TRAVAUX PRATIQUES**

Mlle Franckline ENEDE

Docteur Vétérinaire Vacataire

Mlle Naomie KENMOGNE

Monitrice

PERSONNEL ENSEIGNANT DU D.E.A. – P.A.

Coordination des stages et formation post – universitaires.
Responsable du D.E.A. – PA : Professeur Malang SEYDI

MODULES

1- ZOOTECHNIE – ALIMENTATION

Responsable : Ayao MISSOHOU, Maître de Conférences Agrégé

Intervenants :

Moussa ASSANE	Professeur EISMV – Dakar
Serge N. BAKOU	Maître de Conférences Agrégé EISMV – Dakar
Abdoulaye DIENG	Ingénieur ENSA- Thiès
Yamba Y. KABORET	Professeur EISMV – Dakar
Ayao MISSOHOU	Maître de Conférences Agrégé EISMV – Dakar
Germain J. SAWADOGO	Professeur EISMV – Dakar

2. SYSTEME DE PRODUCTION – ENVIRONNEMENT

Responsable : Professeur Yamba Y. KABORET

Intervenants :

Moussa ASSANE	Professeur EISMV Dakar
Abdoulaye DIENG	Ingénieur ENSA- Thiès
Moussa FALL	Docteur Vétérinaire
Yamba Y. KABORET	Professeur EISMV – Dakar
Eléonar Elie AKPO	Professeur Faculté de Sciences et Techniques UCAD
Ayao MISSOHOU	Maître de Conférences Agrégé EISMV – Dakar
Véronique ANCEY	Docteur chargé de recherche
Ibra TOURE	Docteur

3- REPRODUCTION – AMELIORATION GENETIQUE

Responsable : Professeur Moussa ASSANE

Intervenants :

Moussa ASSANE	Professeur EISMV Dakar
Serge N. BAKOU	Maître de Conférences Agrégé EISMV – Dakar
Papa El Hassan DIOP	Professeur EISMV – Dakar
Alain Richi KAMGA WALADJO	Assistant EISMV – Dakar
Racine SOW	Chercheur à I.S.R.A. Dakar
Germain J. SAWADOGO	Professeur EISMV – Dakar
Hamidou BOLY	Professeur Université de Ouagadougou (Burkina Faso)

4. ECONOMIE – STATISTIQUES- EPIDEMIOLOGIE

Responsable : Professeur Justin Ayayi AKAKPO

Intervenants :

Justin Ayayi AKAKPO	Professeur EISMV – Dakar
Louis Joseph PANGUI	Professeur EISMV – Dakar
Cheikh LY	Professeur EISMV – Dakar
Adrien MANKOR	Docteur Vétérinaire Chercheur
Guillaume DUTEURTRE	Docteur Chercheur
Lamine GUEYE	Docteur Vétérinaire PAPEL

5. HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE (HIDAOA)

Responsable : Professeur Malang SEYDI

Intervenants :

Rianatou BADA ALAMBEDJI	Professeur EISMV – Dakar
Bellancille MUSABYEMARIYA	Assistante EISMV – Dakar
Serigne K. H. A. SYLLA	Docteur Vétérinaire Attaché de Recherche EISMV – Dakar
Malang SEYDI	Professeur EISMV – Dakar
Issakha YOUM	Maître de Conférences Faculté de Sciences et Techniques UCAD
Youssouf KONE	Maître de Conférences Université Nouakchott
Ousseynou Niang DIALLO Abdoulaye DIAWARA	Ingénieurs de la Direction de l'Elevage. Dakar
Harouna SISSOKO Bénédicte SISSOKO :	Consultants qualités
Barama SARR	Ingénieur Normalisateur
Amadou KANE	Chercheur à l'Institut de Technologie Alimentaire (I.T.A.)
Babacar NDIR	Chercheur à l'Institut de Technologie Alimentaire (I.T.A.)
Daba GNINGUE	Chercheur à l'Institut de Technologie Alimentaire (I.T.A.)

6. INITIATION A LA RECHERCHE

Responsable : Professeur Germain Jérôme SAWADOGO

Intervenants :

Germain Jérôme SAWADOGO	Professeur EISMV – Dakar
Dr Paco SEREME	Secrétaire exécutif du CORAFE Chercheur
Dr Jérôme THONNA	Docteur vétérinaire Expert Ingénierie de la formation
Dr Dogo SECK	Directeur Général de SERAAS Chercheur



DEDICACES

A PAPA et MAMAN, ce travail est aussi le vôtre. Papa, je mesure maintenant tous les efforts que vous avez consentis pour me placer dans les bonnes pistes de la vie. Maman, je me rappelle bien des heures et des heures que vous m'avez consacrées pour me donner la base des connaissances à l'aube de mon apprentissage : la grammaire française, les mathématiques de l'école primaire,...! Je vous aime Papa et Maman !

A ma petite sœur; Mary et mes frères; Justin, Rémy et Ngabo, courage pour les études et vos futurs projets ! Je prie pour vous et je suis à coté de vous!

A Claudine MUKAMANA, je te remercie pour avoir cru en mon amour. Nous avons affronté cet amour à distance, cet amour de téléphone, cet amour d'Internet, cet amour des photos par poste, cet amour qui nous a exigé la confiance et la fidélité...Mon cœur remercie le Seigneur ! Et Lui Seul décidera notre futur ! S'Il me demandait, je lui dirais que je veux sentir ta main dans ma main pour la vie!

A mes filleuls, Védaste de Ramba, Elysé Sinuwa et Cyrille Ngassam ; mon promotionnaire. Je pense toujours à la bougie de votre baptême!

A ma grande famille de Ramba et de Gashaki, à mon grand Père RWABONANA, à ma tante Wuliya, à mon Oncle André, à Alexis et Christine, à Jean Marie et Virginie, à Jacques et Madame, à Eugène et Madame, à Emmanuel de Kivumu, à Onesphore de Ramba, à Fina de Gashaki, à Calixte et Kapitorina, à mon parrain...Je vous joins à cette réussite !

Aux familles amies du Rwanda ; Famille Alphonse RWANGALINDE, Famille Laurent MURENGERANKIKO, Famille Daphrose, Famille Mujede et Bibi, Famille BAKUNDA, Famille Eugénie NYIRANSENGIMANA,

Famille NTAMUKUNZI Thomas, Famille William (mon professeur inoubliable d'anglais),.. Aux jeunes familles : Janvier RWANGALINDE, Innocent Pabulo, NIYONSENGA, Alice MUKESHIMANA...à mes collègues de jeunesse : Adrien MUTARAMBIRWA, Noheli, ma promotion Académie 2000 de Nkumba...

A la famille MUDAHEMUKA Emmanuel ; ma joie est aussi votre joie!

A Madame Espérance KARWERA, vous avez été une grâce que Dieu lui-même a placée sur mon chemin. Vous êtes ouverte et une mère!

Aux familles amies du Sénégal; famille Dieudhiou, famille Titi, Moines de Keur Moussa (ma fontaine !), famille BIHIBINDI André, famille NGAMIJE Alphonse, la jeune famille Thomas et Béni, famille NGARAMBE Canisius, famille BUTARE Innocent, famille NDUWAYEZU Luk, famille Straton, famille Dr Samuel HAKIZIMANA (mon grand frère ami), famille NDUNGUTSE Xavier (beaucoup de souvenirs !), famille Innocent NIZEYIMANA, famille SHYAKA Anselme, famille Simpson et Gaudence, la communauté ecclésiale de base de Gueule Tapée, la paroisse Saint Joseph , l'abbé NDIONE du foyer de Charité (le chapelet donne vraiment la fidélité même en pleine adolescence!), à Paterne DIATTA,...Les moments passés ensemble m'obligent!

Aux familles amies du Burkina-Faso ; Abbé Maurice SANON, Fabrice BILA, Madame Alice SIDIBE, les Sœurs rwandaises Bernardines de Bindougouso, Abbé OUATTARA André, Abbé Pierre, Famille GATSIMBANYI, Famille KARAMAGE François, aux techniciens et bouviers de la ferme de Farako-Bâ, MILOGO Alain, MILOGO Vinsoum, MILOGO Jean Baptiste, familles des éleveurs avec qui j'ai travaillé, aux jeunes de l'UCAO Bobo...

A mes collègues de la 34^è promotion Dr Samba SIDIBE ; à Serge MPOUAM avec qui nous avons partagé les moments de travail intense en année de thèse et de DEA à Bobo (courage mon ami, tu as les atouts !), à Serge KOUADIO, à Fabrice, à Rose PENDA, à NOUNDEKE, à Samy, à Mosus, à mes onze compatriotes ! Ma joie va à chacune et chacun d'entre vous ! Vive la 34^è promotion Dr Samba SIDIBE!

Je dédie aussi cette thèse au Dr NONGASIDA YAMEOGO, qui m'accompagné pour l'amélioration de ce travail.

Aux compatriotes aînés, petits frères et sœurs qui ont fait et font l'EISMV, nous partageons beaucoup de choses!

Aux amis, frères, sœurs, parents, grands parents regrettés, toutes les victimes de la guerre et du génocide au Rwanda, ma pensée pieuse.

A ma chère patrie le Rwanda, je t'aiderai comme je le pourrai!

REMERCIEMENTS

Au Seigneur qui visite la terre, l'abreuve, la comble de richesses, la prépare, enivre ses sillons, tasse ses mottes, la détrempe sous les averses, bénit ce qui germe, les pacages du désert ruissellent, les collines prennent une ceinture de joie, les près se parent de troupeaux : tout crie et chante !

Au vice-recteur de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso ; Professeur Georges Anicet OUEDRAOGO, vous avez initié et supervisé cette thèse au Burkina-Faso. J'ai eu des chances exceptionnelles de travailler avec vous!

Au Professeur Germain Jérôme SAWADOGO, vous m'avez aidé comme un père, surtout dans cette année académique! Merci et je compte encore sur vous!

A mes enseignants de l'Ecole primaire de Musanze, mes catéchistes, mes professeurs du petit séminaire Saint Jean de Nkumba, mes professeurs de Goethe Institut Dakar, mes professeurs de l'EISMV de Dakar, merci pour les connaissances reçues de vous!

Au personnel de la station de Farako-Bâ, merci pour l'accueil et l'accompagnement!

Au personnel du laboratoire du CIRDES, pour la conservation de nos échantillons!

Au Dr YAMEOGO N., Mme DIOUF, Dr NKOUAMO J., Dr MUMPOREZE N., NIYIRAGIRA V., BYUKUSENGE M., ISHIMWE E., SAFARI T., WALBADET L, KAMANA O., KAMANZI U.E. , KABERA F., RWAKAZINA O., DUSABE G., Vénuste, Dominique, pour votre aide!

A l'Etat Rwandais, merci pour la prise en charge financière de mes études !

Au peuple sénégalais, dieuredieuf pour l'accueil!

A l'Etat Burkinabé, à Bobo-Dioulasso ; ville sans stress, merci pour l'accueil!



A NOS MAITRES ET JUGES

A notre Maître et Présidente de jury, Madame Sylvie Gassama SECK, Professeur à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie de Dakar.

Nous avons eu le privilège d'être parmi les étudiants que vous avez formés. Nous vous rassurons maintenant que nous avons gardé et bien entretenu cette flamme de connaissances. Par ailleurs, vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de présider le jury de cette thèse. Nous vous adressons nos profonds remerciements!

A notre Maître et Directeur de thèse, Professeur Georges Anicet OUEDRAOGO, Vice-recteur de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso.

Malgré votre agenda surchargé, vous avez eu toujours le temps de suivre le déroulement de cette thèse à travers plusieurs séances de travail. Par ailleurs, nous tenons à mentionner ici, votre humilité et votre générosité. Vous méritez plus que notre profonde gratitude !

A notre Maître et Rapporteur de thèse, Monsieur Germain Jérôme SAWADOGO, Professeur à l'EISMV de Dakar.

Vous avez contribué potentiellement à la réalisation de ce travail. Nous sentons encore votre soutien en ce moment où vous rapportez cette thèse. Par ailleurs, votre façon de concilier la vie scientifique et la vie spirituelle nous a donné un autre élan. Veuillez trouver ici, notre profonde reconnaissance!

A notre Maître et Juge, Monsieur Yalacé Yamba KABORET, Professeur à l'EISMV de Dakar.

Vous êtes bien placé pour juger ce travail car vous êtes parmi les grands professeurs qui m'ont transformé progressivement en vétérinaire. Nous avons trouvé, vos cours et évaluations, objectives. Par ailleurs, vous donnez l'envie de devenir vétérinaire! Hommages respectueux !

A notre Maître et Juge, Monsieur Serge Niangoran BAKOU, Maître de Conférences Agrégé à l'EISMV de Dakar.

En acceptant spontanément de juger ce travail, nous avons retrouvé votre dévouement à l'éducation. Avec vous, nous avons compris beaucoup plus les valeurs de la rigueur au travail et de savoir bien vivre. Par ailleurs, vous nous avez donné des bases solides d'Histologie et d'Anatomie, indispensables au médecin. Hommages respectueux!

“ Par délibération, la faculté et l’école ont décidé que les opinions émises dans les dissertations qui leurs sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu’elles n’entendent leur donner aucune approbation ni improbation”.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Effectif du cheptel burkinabé.....	8
Tableau II : Moyenne, écart-type, minimum et maximum de la phosphorémie de l'ensemble des vaches.....	45
Tableau III : Concentrations moyennes de phosphore chez les vaches présentant ou non le pica	46
Tableau IV: Concentrations moyennes de phosphore selon le sexe.....	47
Tableau V : Concentrations moyennes de phosphore en fonction de la mise bas.....	48
Tableau VI : Concentrations moyennes de phosphore en fonction du péripartum.....	49
Tableau VII : Concentrations moyennes de phosphore en fonction de la localité.....	50
Tableau VIII : Magnésémie de l'ensemble des vaches (120).....	51
Tableau IX : Concentrations moyennes de magnésium en fonction de la présence ou non du pica.....	52
Tableau X : Concentrations moyennes de magnésium selon le sexe.....	53
Tableau XI : Concentrations moyennes de magnésium des génisses et des autres vaches adultes.....	54
Tableau XII : Concentrations moyennes de magnésium selon le péripartum.....	55
Tableau XIII : Concentrations moyennes de magnésium des vaches en station et en milieu réel.....	56
Tableau XIV : Calcémie de l'ensemble des vaches (n = 120).....	57
Tableau XV : Concentrations moyennes de calcium des vaches avec pica et des vaches sans pica.....	58
Tableau XVI : Calcémies moyennes des vaches selon le sexe.....	59
Tableau XVII : Concentrations moyennes de calcium des génisses et	

des autres vaches adultes.....60

Tableau XVIII : Concentrations moyennes de calcium des vaches
selon le péripartum.....61

Tableau XIX : Concentrations moyennes de calcium des vaches en station et
en milieu réel.....62

LISTE DES FIGURES

Figure1: Carte du Burkina-Faso	4
Figure2 : Le calcium extracellulaire	15
Figure 3 : Métabolisme du calcium (Phosphore-Magnésium).....	16
Figure4 : Mouvements du potassium dans l'organisme animal.....	28
Figure 5 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies.....	45
Figure 6 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon l'absence ou la présence de pica.....	46
Figure 7 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon le sexe	47
Figure 8 : Répartition des génisses et des vaches femelles adultes en fonction de leurs phosphorémies et selon le n° de vêlage.....	48
Figure 9 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon le péripartum.....	49
Figure 10 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon leur localité.....	50
Figure 11 : Répartition de tous les animaux en fonction de leurs magnésiémies.....	51
Figure 12: Répartition des vaches avec ou sans pica en fonction de leurs magnésiémies.....	52
Figure 13 : Répartition des mâles et femelles en fonction de leurs magnésiémies.....	53
Figure 14 : Répartition des génisses et des femelles adultes en fonction de leurs magnésiémies.....	54
Figure 15 : Répartition des vaches en péripartum selon leurs magnésiémies.....	55
Figure 16 : Répartition des vaches en station et milieu réel	

selon leurs magnésiémies.....	56
Figure 17 : Répartition des vaches en fonction de leurs calcémies.....	57
Figure 18 : Répartition des vaches présentant ou non le pica en fonction de leurs calcémies.....	58
Figure 19 : Répartition des vaches mâles et femelles en fonction de leurs calcémies.....	59
Figure 20 : Répartition des génisses et autres femelles adultes en fonction de leurs calcémies.....	60
Figure 21 : Répartition des vaches en péripartum en fonction de leurs calcémies.....	61
Figure 22 : Répartition des vaches en station et en milieu réel en fonction de leurs calcémies.....	62

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CIRAD : Centre de Coopération International de la Recherche Agronomique et de Développement

CMV : Complément Minéral Vitaminé

DCAD : Dietary Cation Anion Difference

EISMV : Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar

FAO: Food Agriculture And Organisation

g: Gramme

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

Kg: Kilogramme

MS : Matière Sèche

IDH : Indicateur de Développement Humain

PIB : Produit Intérieur Brut.

PICP : Procollagen I type C-terminal Propeptide

PAL : Phosphatases Alcaline

PV: Poids Vif.

UCAD : Université Cheikh Anta Diop de Dakar

pH: Potential of Hydrogen.

SOFITEX: Société bukinabé des Fibres Textiles

CRAAQ: Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire de Québec.



TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
CHAPITRE 1 : APERCU SUR LE BURKINAFASO.....	4
1. GEOGRAPHIE.....	4
1.1. Situation.....	4
1.2. Relief et hydrographie.....	5
1.3. Climat.....	5
1.4. Végétation et agriculture.....	6
2. ELEVAGE.....	7
CHAPITRE 2 : LES MACRO-ELEMENTS.....	12
1. INTRODUCTION.....	12
2. CALCIUM.....	12
2.1. Importance.....	12

2.2 Source.....	13
2.3. Cycle du calcium.....	14
2.4. Régulation.....	15
2.6. Troubles liés au Calcium.....	16
2.6.1. Troubles osseux.....	16
2.6.2. Fièvre du lait.....	17
2.6.3. Hypocalcémie insidieuse.....	19
3. PHOSPHORE.....	20
3.1. Importance.....	20
3.2. Source.....	20
3.3. Absorption et excrétion.....	21
3.4. Régulation.....	22
3.6. Troubles liés au phosphore.....	23
3.6.1. Troubles de reproduction.....	23
3.6.2. Pica.....	23
3.6.3. Troubles osseux.....	24
4. MAGNESIUM.....	25
4.1. Importance.....	25
4.2. Source.....	25

4.3. Absorption et excrétion.....	25
4.5. Troubles liés au magnésium.....	26
4.5.1. Tétanie d’herbage.....	26
4.5.2. Autres troubles.....	27
5. POTASSIUM.....	27
5.1. Importance.....	27
5.2. Source.....	28
5.3. Troubles liés au potassium.....	29
6. SODIUM.....	29
6.1.Importance.....	29
6.2. Source.....	30
6.3. Absorption et excrétion.....	30
6.4. Troubles liés au sodium.....	31
7. CHLORE.....	31
7.1. Importance.....	31
7.2. Source.....	32
7.3. Absorption et excrétion	32
7.4. Troubles liés au Chlore.....	33
8. SOUFRE.....	34

8.1. Importance.....	34
8.2. Source.....	35
8.3. Troubles liés au Soufre.....	35
DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE.....	37
1. MATERIEL.....	38
1.1. Milieu d'étude.....	38
1.2. Matériel animal	39
1.2.1. Station expérimentale de Farako-Bâ.....	39
1.2.1.1. Description.....	39
1.2.1.2. Les animaux de la ferme de Farako-Bâ.....	40
1.2.2. Autres élevages.....	41
1.3. Matériel technique.....	41
1.3.1. Matériel de collecte de données.....	41
1.3.2. Matériel de prélèvement et de conservation des échantillons.....	42
1.3.3. Matériel de dosage.....	42
2. METHODES.....	43
2.1. Méthode d'échantillonnage	43
2.2. Méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons.....	43
2.3. Méthodes de dosage.....	43

2.3.1. Le phosphore.....	43
2.3.2. Le calcium.....	44
2.3.3. Le magnésium.....	44
2.4. Méthodes de traitement des données.....	45
CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	46
1. RESULTATS	46
1.1. LES RESULTATS DU DOSAGE DU PHOSPHORE.....	47
1.1.1 Les résultats sur l'ensemble des vaches	47
1.1.2 Les résultats selon les différents groupes de vaches	48
1.2. LES RESULTATS DU DOSAGE DU MAGNESIUM.....	53
1.2.1 Les résultats sur l'ensemble des vaches	53
1.2.2 Les résultats selon les différents groupes de vaches.....	54
1.3. LES RESULTATS DU DOSAGE DU CALCIUM.....	59
1.3.1 Les résultats sur l'ensemble des vaches	59
1.3.2 Les résultats selon les différents groupes de vaches.....	60
2. DISCUSSION.....	65
2.1. Le choix de l'échantillon de l'étude.....	65
2.2. Fiabilité des appareils d'analyses et des résultats.....	65

2.3. Les résultats du dosage du phosphore	66
2.4 Les résultats du dosage du magnésium.....	67
2.5. Les résultats du dosage du calcium.....	68
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	69
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	71

INTRODUCTION GENERALE

L'élevage est la deuxième ressource du secteur primaire de la plupart des pays en voie de développement. Il emploie une partie importante de la population et contribue à l'autosuffisance alimentaire. En Afrique, l'espèce bovine est l'une des espèces animales exploitées pour ses productions diversifiées : la viande, le lait, le fumier, le travail, ... Même si les races locales sont plus performantes en production de viande qu'en production laitière, la part de ce continent dans le volume des échanges mondiaux de viande bovine ne dépassera pas 10 % jusqu'en 2015 (OCDE et FAO, 2006). Par ailleurs, l'Afrique, comptant près de 14 % de la population mondiale, représente moins de 5 % de la production laitière mondiale et près de 25 % du marché international du lait en poudre (OCDE et FAO, 2006). L'amélioration de la productivité bovine dans sa globalité, demande une gestion sanitaire et zootechnique plus moderne. Aujourd'hui, l'éleveur devrait comprendre qu'il doit fournir une alimentation de qualité et de quantité suffisantes pour couvrir les besoins de l'animal. En effet, certaines pathologies comme les carences minérales ont perdu leur importance dans les pays développés en raison de l'administration systématique de compléments alimentaires aux animaux. Cependant, ces pathologies sont fréquentes au sein des troupeaux où les animaux ne se nourrissent que sur les parcours naturels. Quand elles surgissent, elles doivent être bien diagnostiquées et traitées. Ainsi, dans l'intention d'apporter la solution au problème de pica qui survient de façon répétitive au niveau du troupeau de la ferme de la station Farako-Bâ, située à 15 Km de la ville de Bobo-Dioulasso, nous avons entrepris ce travail. Les conséquences du pica sont nombreuses : les contaminations parasitaires et bactériennes, l'obstruction intestinale, les dommages dentaires, les toxicités hépatospléniques, les intoxications par léchage des peintures et/ou ingestion d'autres substances nocives, etc. Les causes responsables du pica sont mal connues. Cependant, la carence minérale est souvent citée dans l'étiologie de ce trouble.

Ici, nous rappelons qu'une carence minérale peut résulter d'un apport insuffisant (faible teneur de la ration, ingestion réduite), d'une faible utilisation (qualité des minéraux, interactions entre minéraux ou avec d'autres composantes de la ration, troubles métaboliques de régulation), d'un besoin plus élevé (stress, état physiologique) et ou d'une spoliation (maladie, parasitisme).

L'objectif général de ce travail est d'évaluer les déficiences minérales dans les élevages bovins en périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso.

Spécifiquement, il s'agit :

- D'évaluer l'état nutritionnel minéral des vaches ayant exprimé le pica.
- D'évaluer l'état nutritionnel minéral des vaches sensibles : les vaches en péripartum et les jeunes en croissance.
- De déterminer la proportion des cas de déficiences infracliniques.

La première partie de cette rédaction décrit brièvement le Burkina-Faso et fait le point sur les macro- minéraux. La deuxième partie montre la méthodologie utilisée, présente et discute les résultats des dosages effectués avant de donner la conclusion et quelques recommandations.

PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : APERCU SUR LE BURKINA FASO

1. GEOGRAPHIE

1.1. Situation

Le Burkina Faso est un pays situé en Afrique de l'Ouest entre 9°20'et 15°de latitude Nord et entre 2°30' de longitude Est et 5°30' de longitude Ouest (OUEDRAOGO, 2001). Il couvre une superficie de 274.200 km². Sa capitale est Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, sa deuxième grande ville. Pays sans accès à la mer, il est limité au Nord et à l'Ouest par le Mali, à l'Est par le Niger, au Sud par le Ghana et le Togo, au Sud-Ouest par la Côte d'Ivoire et au Sud-Est par le Bénin.



Figure1: Carte du Burkina Faso. Source : www.mapsofworld.com

1.2. Relief et hydrographie

Le Burkina-Faso est un pays plat. En effet, son relief est très légèrement vallonné avec par endroits quelques collines isolées. L'altitude de près de la moitié du territoire national est comprise entre 250m et 350 m. Les altitudes extrêmes sont de 200m (Rivière Mouhoun) et de 749 m (Ténakourou).

Malgré cette monotonie du relief, le Burkina Faso a un réseau hydrographique important composé de cours d'eau qui prennent leur source dans les bassins de la Volta, de la Comoé et du Niger. Le bassin de la Volta s'étend au centre et à l'ouest du pays sur une superficie de 120 000 km². Le bassin de la Comoé s'étend sur une superficie de 18 000 km² et prend sa source à Banfora. La plus grande partie se déroule en Côte d'Ivoire au Sud Ouest du pays. Le bassin du Niger couvre quant à elle une superficie de 72 000 km² et englobe les petites rivières temporaires du Niger qui drainent l'Est et le Nord du pays.

Ici, il importe de mentionner que le Burkina-Faso devait son ancien nom de « Haute Volta » aux trois cours d'eau qui le traversent : le Mouhoun (anciennement Volta Noire), le Nakambé (Volta Blanche) et le Nazinon (Volta rouge). Le nom actuel du pays (Burkina Faso) date du 4 août 1984. Il signifie « la patrie des hommes intègres » en langues locales ; mooré parlé par les Mossi (« burkina » signifiant « intègre ») et bamanankan parlé par les Bambaras (« faso » signifiant « patrie »). Quant au mot invariable « Burkinabé », il signifie « l'habitant » en foulfouldé; langue parlée par les Peulhs, peuple d'éleveurs nomades présents aussi dans de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest.

1.3. Climat

Le Burkina Faso constitue un trait d'union entre les pays humides du sud (Côte d'Ivoire, Ghana, Togo et Bénin) et les pays sahélo-sahariens du Nord (Mali et Niger).

Il appartient à l'aire climatique tropicale soudanienne. L'année est divisée en deux saisons :

- la « saison des pluies » avec des précipitations comprises entre 300 mm et 1200 mm. Elle dure environs sept mois au sud, de la mi-avril à la mi-novembre. Toutefois, elle ne dépasse pas trois mois au nord.
- la « saison sèche » pendant laquelle l'harmattan, un vent chaud et sec provenant des latitudes sahariennes du nord souffle vers le sud-ouest.

La pluviosité moyenne annuelle décroît du Sud-Ouest (1 400 mm) au Nord-Est (500 mm) et les températures moyennes croissent de 27-30 °C à Gaoua (Sud) jusqu' à 22-33 °C à Dori (Nord).

Ainsi, l'on peut distinguer trois grandes zones climatiques en fonction des isohyètes (AMBASSADE DU BURKINA FASO AU CANADA, 2006) :

- la zone sahélienne située entre 13°5'N et 15°3'N. Elle reçoit moins de 600 mm de pluviométrie par an avec des amplitudes thermiques élevées (15 à 45°C).
- la zone soudano sahélienne située entre 11° 3'N et 13°5'N. C'est une zone intermédiaire pour les températures et les précipitations (750mm).
- la zone soudano guinéenne qui s'étend au Sud du pays entre 9°3'N et 11°3' N. Elle reçoit plus de 900 mm de pluie par an et des températures moyennes relativement basses.

1.4. Végétation et agriculture

Les formations végétales couvrent 254 100 km², soit 92% du territoire national englobant les surfaces brûlées et les jachères arbustives (OUEDRAOGO, 2001). Elles sont disposées en bandes latitudinales. En zone sahélienne, au nord, ne poussent que des steppes arbustives et une brousse d'épineux.

Le domaine soudanien, dans le centre du Burkina-Faso, est essentiellement une zone de savanes.

Dans le Sud-Ouest, au sud du 14^e parallèle et de l'isohyète 600 mm, les pluies importantes favorisent la formation de forêts claires avec des arbres de 30 à 40 m de hauteur et même des forêts de type équatorial guinéen (BURKINA FASO : PRIMATURE, 2006).

Par ailleurs, l'agriculture est dominée par les cultures vivrières. Ainsi, la majeure partie des terres arables est consacrée à la production des céréales. Il s'agit principalement du mil, du sorgho, du maïs et du riz. Ces céréales sont cultivées généralement en association et/ou en rotation avec les légumineuses comme le niébé ou l'arachide (STOOP W., 1979). Le niébé est à la fois une culture de rente et alimentaire. Il génère des revenus et constitue une source de protéines dans l'alimentation traditionnelle à base de céréales et de tubercules. En 1996, le Burkina Faso a produit 256 000 tonnes et s'est classé ainsi au troisième rang des pays africains producteurs de niébé.

Le Burkina-Faso exploite aussi des cultures commerciales: le coton, l'arachide, la canne à sucre, le sésame auxquels il faut ajouter le karité, produit typiquement burkinabé. Le coton est le premier produit d'exportation du Burkina Faso. Il représente 50 à 60% du total des devises. Selon les rapports de SOFITEX, la production de graines de coton devrait passer de 600 000 tonnes en 2004/2005 à 700 000 tonnes en 2005/2006.

L'on trouve aussi sur place des cultures maraîchères et fruitières : haricots verts, tomates, oignons, fraises, épinards, mangues, etc. Certains de ces produits sont exportés et d'autres sont consommés localement surtout par les personnes qui habitent en général, les villes et les quartiers environnants. Ceci explique le développement de ces cultures autour des villes et la réticence des jardiniers au projet d'Etat de leur délocalisation vers les zones appropriées mais éloignées de leurs clients.

2. ELEVAGE

L'image actuelle de l'élevage burkinabé peut être lue à travers le tableau I issu des résultats de la deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel (ENECII).

Tableau I : Effectifs du cheptel burkinabé (BURKINA FASO : MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES, 2004).

ESPECES	EFFECTIFS	PRIX MOYEN UNITAIRE EN F CFA.
Bovins	7 311 544	85 065
Ovins	6 702 640	9 856
Caprins	10 035 687	6 229
Porcins	1 889 234	7 215
Asins	914 543	23 963
Camelins	14 811	99 479
Equins	36 067	41 586
Lapins	130 672	1 123
Chiens	782 891	-
Chats	300 344	-
Poules	24 508 506	772
Pintades	6 117 826	1 093
Dindons	43 521	3 172
Canards	211 828	1 242
Pigeons	1 183 385	235

La région du Sahel détient les effectifs les plus importants des bovins (20,6% de l'effectif total), ovins (14%), caprins (17%), équins (31%) et camélins (82,8%). La région du Centre-Ouest possède les effectifs les plus élevés des poules (14,5%) et des pintades (25%).

La même source indique qu'il existe 3 624 366 éleveurs (ceux qui mènent comme activité principale ou secondaire l'élevage). Ils représentent 30% de la population nationale. Le modèle traditionnel d'élevage est visible : animaux sans abri (30%), beaucoup d'animaux sans soins (53%), alimentation basée sur les pâturages naturels (76%), la prédominance d'éleveurs non alphabétisés (18% d'éleveurs déclarent savoir lire et écrire dans une langue quelconque) etc.

Les principaux systèmes d'élevage bovin sont la transhumance, la sédentarisation, les élevages de bovins de traction qui se développent pour la culture du coton, les systèmes d'embouche ainsi que les systèmes semi-intensifs laitiers des vaches locales et métisses. Les petits ruminants sont conduits presque de la même façon: la transhumance, la sédentarisation et l'embouche.

Le Burkina Faso compte plus de 1400 marchés de bétail répartis selon trois types ; les marchés de collecte ou de production tels que Béna, Nadiabonly ou Yilou, les marchés intermédiaires ou de regroupement localisés dans les régions intérieures et les grands carrefours nationaux tels que Ouagadougou, Djibo, Kaya ou Youba. Enfin, on a les marchés terminaux ou de consommation tels que Ouaga-Tanghin, Ouaga-Abattoir, Bobo-Colma ou Bobo-Abattoir. L'exportation se fait à partir d'animaux sur pieds principalement à destination du Nigeria, du Ghana et de la Côte d'Ivoire. En 2005, le Burkina Faso a exporté 428 000 têtes de bovins contre 102 000 en 2003, soit une progression de 46%.

La production du lait reste faible. Elle est complémentée et même concurrencée par l'importation du lait et des produits laitiers. Il s'agit du lait à l'état pur, le yaourt, le lait concentré sucré ou non, le lait en poudre, le beurre et autres matières grasses du lait, fromage, etc.

Ces produits viennent principalement d'Europe : en 2002, les statistiques douanières (commerce et aide confondues) ont montré que les Pays Bas venaient en première position avec 7 384 402 tonnes d'équivalent lait, suivi de la France avec 1 689,511 tonnes, de l'Italie 1 509 159 tonnes et de l'Allemagne 1 203 840 tonnes. Heureusement ou malheureusement, ces importations avaient baissées de 39% par rapport à celles de 2001.

Quant à la filière avicole, elle comporte d'une part l'aspect villageois traditionnel où les souches locales (poules, pintades et dindons) sont élevées pour la production de viande et d'œufs destinée à l'autosuffisance alimentaire. D'autre part, elle comprend aussi un aspect moderne où les souches spécialisées sont exploitées pour produire la viande et les œufs destinés au commerce.

La filière porcine est aussi caractérisée par le modèle traditionnel : sans encadrement, coûts de productions minimaux et les races locales, rustiques, au groin long avec les couleurs variées (blanc, noirs et pie). Les éleveurs modernes, eux, exploitent les races de poids lourds. Le principal mode de consommation du porc au Burkina Faso est le « porc au four » proposé par les grilleurs de rue.

En général, les ressources alimentaires pour ces animaux sont composées par : les fourrages des parcours du milieu naturel, les résidus de récoltes (paille, tiges et rafles pour les céréales et des fanes des légumineuses), les sous-produits agro-industriels (le tourteau de coton et d'arachide, les sons de mil et de sorgho, bouts blancs, la bagasse, écumes, mélasse, les drèches de la brasserie, les sous-produits d'origine animale) et enfin les restes de cuisine principalement pour les élevages de case. Les troupeaux s'abreuvent sur les eaux de surface avec un risque sanitaire car les éleveurs et leurs troupeaux sont souvent chassés au niveau des points d'eaux souterraines destinées à l'approvisionnement des villages.

Les soins offerts au cheptel sont principalement : le déparasitage, la vaccination et les soins traditionnels.

Quant aux ressources de faune sauvage, le Burkina-Faso compte 35 espèces de grands mammifères. A ces grands mammifères s'ajoutent un potentiel de petit gibier encore important et de fortes concentrations d'oiseaux dont des centaines de milliers de migrateurs en proie au braconnage et à la dégradation des habitats naturels (OUEDRAOGO, 2001).

Le personnel qui s'occupe de la santé et de la production des animaux, est formé dans les écoles nationales (les techniciens et les ingénieurs) et étrangères (les docteurs vétérinaires).

CHAPITRE 2 : LES MINERAUX MACRO-ELEMENTS EN ELEVAGE BOVIN

1. INTRODUCTION

Les macro-éléments ou macro-minéraux sont des substances inorganiques qui sont sous forme de sels ou qui sont associées à un composé organique. Ils représentent 99% des minéraux de l'organisme (RAPHAEL, 2001). Il s'agit de : calcium (Ca), phosphore (P), potassium (K), magnésium (Mg), sodium (Na), chlore (Cl) et soufre (S). Ils sont très importants pour la santé, la production et la reproduction des animaux. Ils sont nécessaires dans l'ordre d'une ou quelques dizaines de grammes par jour.

2. LE CALCIUM

2.1. Importance

Le calcium est un élément alcalino-terreux. Il constitue 2 % du poids de l'animal (ERIC ,2001). 99% du calcium de l'organisme entre dans la composition du squelette. 0,9 % se trouve dans le milieu intracellulaire et le reste circule dans le liquide extra cellulaire.

Le calcium joue un rôle important dans l'organisme. Il intervient dans la conduction nerveuse, la contraction musculaire, la coagulation sanguine, l'activation des nombreuses réactions enzymatiques, la régulation des battements cardiaques, la formation des dents et des os, etc.

2.2 Source

La source du calcium dans l'organisme est à la fois endogène et exogène. En effet, il peut être mobilisé à partir des réserves osseuses surtout suite à un programme de stimulation chez la vache tarie, initié au moins deux semaines avant le vêlage.

Le calcium est aussi apporté par l'alimentation. Il fait partie de la matière minérale de l'aliment. Lorsqu'un échantillon de ce dernier est placé dans un four maintenu à 550°C pendant 24 heures, la matière organique est consommée et la matière résiduelle est minérale (cendres). Chez les plantes, le contenu minéral varie de moins de 1% à plus de 12%. Les fourrages contiennent en général plus de minéraux que les concentrés. Les légumineuses sont plus riches en calcium que les graminées (SHEARER et VAN HORN, 1992).

Donc, les rations à base de légumineuses nécessitent une supplémentation en calcium moins grande que celles basées sur les graminées. La mélasse est riche en calcium. Le calcaire broyé est particulièrement riche en calcium. Le lait est aussi une source principale de calcium pour le veau.

Alors que le bœuf en finition aura besoin de 45 à 60 grammes de calcium par jour (ERIC, 2001), l'INRA propose les quantités suivantes chez la vache laitière :

Entretien : 40 g/ jour, Vache tarie gestante : 58g/jour, Entretien + 10l de lait : 81g/jour, Entretien + 20l de lait : 118g/jour, Entretien + 30l de lait : 143g/jour, Entretien + 40l de lait : 163g/jour, Entretien + 45l de lait : 173g/jour.

Le besoin d'entretien (BE, g/j) est calculé à partir de la matière sèche ingérée (MSI en kg/j) et du poids vif (PV en kg) pour les vaches en lactation. En effet, il existe un effet statistiquement significatif du PV ($P < 0,004$) et de la MSI ($P < 0,001$) sur le besoin d'entretien (BE). Le modèle proposé est le suivant : $BE = 0,663 \text{ MSI} + 0,008 \text{ PV}$.

Cette équation, comparable à celle publiée par l'AFRC (1991) pour l'ensemble des bovins, donne des résultats légèrement supérieurs à ceux donnés par GUEGUEN et collaborateurs (1987). Le besoin d'entretien est calculé à partir de PV pour les autres catégories de bovins, $BE = 0,015 PV$ car l'influence de la MSI cesse d'être statistiquement significative ($P = 0,23$).

Pour calculer le besoin de gestation en calcium, le NRC (2001) a proposé un modèle qui tient compte du stade de gestation :

$BG = 0,02436 e^{(0,05581-0,00007t)t} - 0,02436 e^{(0,05581-0,00007(t-1))(t-1)}$ où t est le nombre de jours de gestation.

2.3. Cycle du calcium

Le calcium apporté par l'alimentation est absorbé surtout au niveau de l'intestin grêle selon deux modalités :

- Un transport paracellulaire : il se fait entre deux cellules intestinales. Le calcium traverse la paroi du tube digestif soit par diffusion, soit en suivant le mouvement d'eau et des solutés osmotiquement actifs.
- Un transport transcellulaire : il se fait de façon active. Le calcium passe de la lumière intestinale dans l'entérocyte par l'intermédiaire de la calbindine D-9K. Aussi la calmoduline et l'IMCAL (Integral Membrane Calcium binding Protein) seraient impliquées dans ce transport. Une fois dans l'entérocyte, le calcium passe de la membrane apicale à la membrane basale par l'intermédiaire des mitochondries. Le transfert du calcium vers le sang se fait par les canaux calciques voltage dépendant et aussi par deux enzymes membranaires : le Ca^{2+}/Na^{+} ATPase qui fait sortir le Ca^{2+} à l'échange du Na^{+} et le Ca^{2+} ATPase.

Une fois dans le sang, le calcium se dirige vers le tissu osseux, le milieu intracellulaire où il est impliqué dans l'activation des cellules et vers le milieu extracellulaire où il se trouve sous trois formes représentées dans le schéma ci-

après:

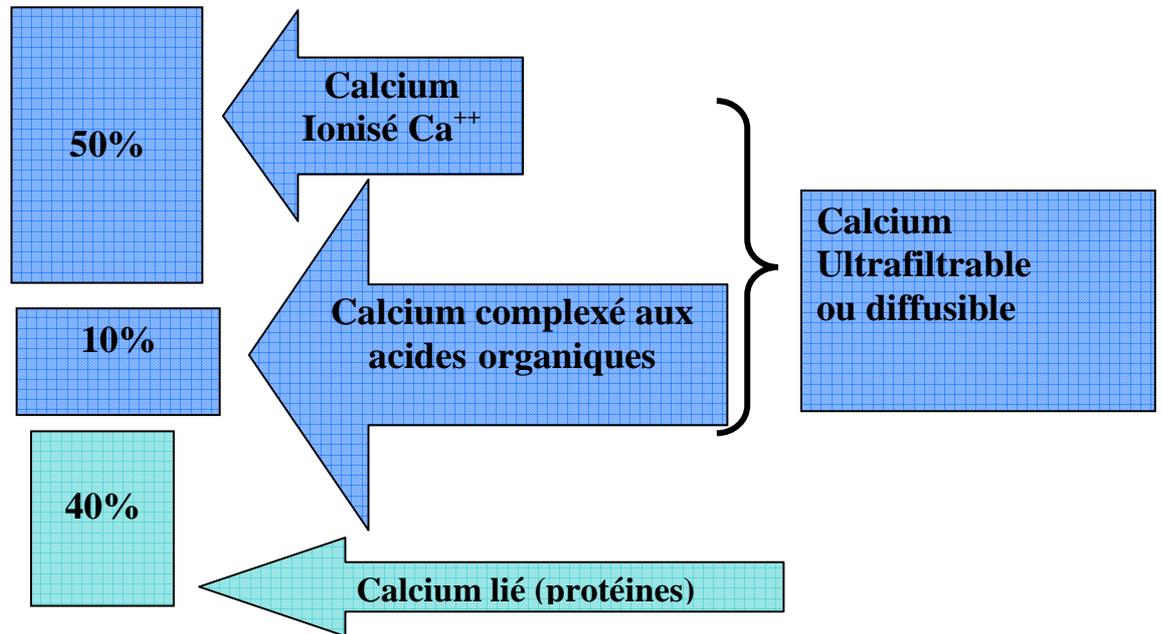


Figure2 : Le calcium extracellulaire (TREMBLAY, 2007)

Enfin, une portion du calcium sera excrétée par voie fécale. La perte endogène fécale de Ca n'est pas liée à la concentration de Ca dans la ration (variable indépendante de la MSI) (MESCHY et CORRIAS, 2005). Une autre partie sera excrétée par voie lactée et urinaire mais aussi transférée vers le fœtus chez la femelle en gestation.

2.4. Régulation

La régulation de la concentration de calcium dans le sang se fait grâce à trois hormones: la parathormone, la 1,25-dihydroxycholecalciférol ou calcitriol et la calcitonine. La principale fonction des deux premières est d'augmenter la concentration de calcium dans le sang tandis que la dernière la diminue.

La calcitriol favorise l'absorption intestinale du calcium, une réabsorption rénale et une plus forte mobilisation osseuse.

Une ration riche en phosphore durant la période précédant le vêlage provoque une augmentation de la concentration de phosphore dans le sang, ce qui a un effet inhibiteur sur la production de 1,25-dihydroxyvitamine D, hormone régulant la concentration de calcium dans le sang.

Il faudra éviter des apports excessifs en magnésium car celui-ci entre en compétition avec l'absorption du calcium (SERIEYS, 1997). Aussi, les apports excessifs de calcium peuvent causer les carences en cuivre et zinc (ERIC *et al.*, 2001, RAPHAEL, 2001).

En bref, le métabolisme du calcium peut se résumer par le schéma ci-après :

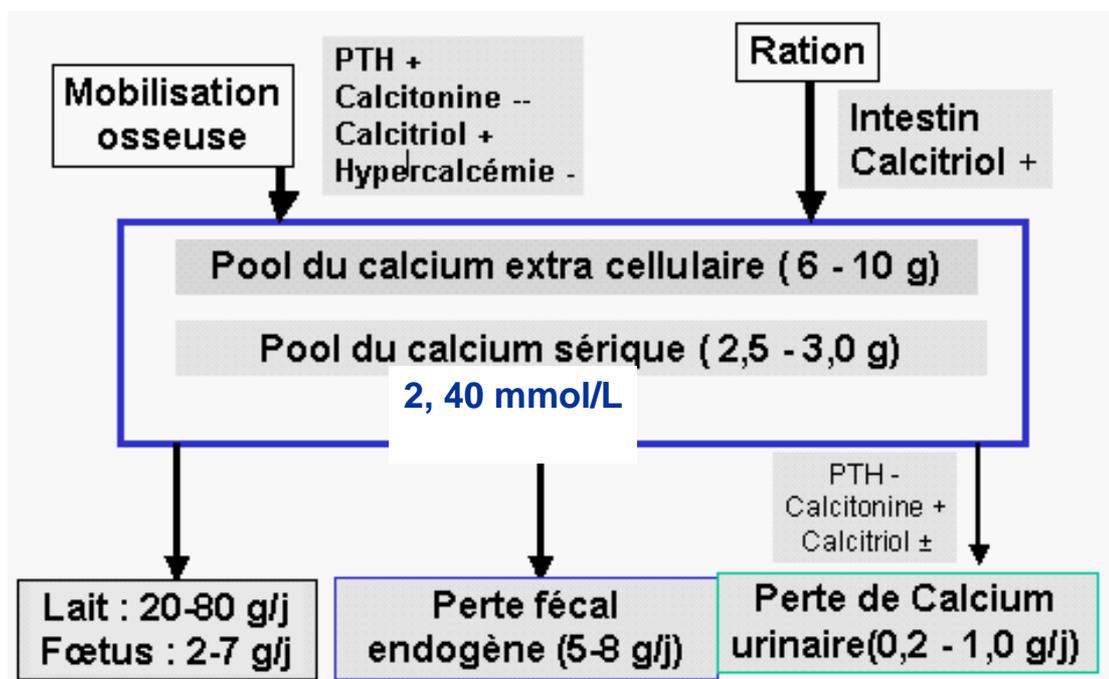


Figure 3 : Métabolisme du calcium (Phosphore-Magnésium). (TREMBLAY, 2007)

2.6. Troubles liés au Calcium

2.6.1. Troubles osseux

Étant donné que le calcium soit un constituant majeur du squelette, la carence en cet élément entraîne chez l'animal, les troubles osseux.

On distingue les troubles par excès de résorption (ostéoporose, ostéofibrose) et les troubles par défaut de résorption ou les troubles de l'ostéogénèse (rachitisme, ostéopétrose).

Le diagnostic de ces troubles se fait habituellement par les techniques invasives (biopsie) et non invasives (imageries et les méthodes biochimiques).

D'une part, les méthodes biochimiques consistent en dosage des molécules libérées dans le sang durant la synthèse de l'os (RISTELI et RISTELI, 1993). Il s'agit de PINP : procollagen I type N-terminal propeptide et PICP : procollagen I type C-terminal propeptide induits par la prolifération des ostéoblastes, PAL : phosphatases alcalines dont l'activité augmente pendant la phase de maturation de la matrice extracellulaire et enfin l'Ostéocalcine, marqueur sensible et spécifique de l'activité ostéoblastique (DELMAS, 1995) qui intervient après la maturation lors de la minéralisation de la matrice. D'autre part, on dose les molécules libérées dans le sang durant la destruction de l'os. Il s'agit des produits de dégradation des collagènes comme l'hydroxyproline et la pyridinoline, TRAP (la phosphatase acide résistante au tartrate) (DELMAS, 1995) et bien sûr les minéraux (calcémie et phosphorémie). Toutefois, l'augmentation de la concentration sanguine de l'un ou l'autre de ces molécules ne signifie pas automatiquement une destruction osseuse. Par exemple, l'augmentation des pyridinolines peut résulter de la dégradation du collagène utérin en post-partum (LIESEGANG *et al.*, 1998). Le calcium est donc, l'une de toutes ces substances que l'on peut doser en cas de suspicion de troubles de croissance, de troubles de réparation de fractures et d'autres ostéopathies. Par ailleurs, d'autres relations ont été établies entre les concentrations plasmatiques du calcium et certaines maladies décrites brièvement dans la suite.

2. 6.2. Fièvre du lait

La fièvre du lait est un trouble métabolique complexe de la vache laitière caractérisé par une chute de concentration de calcium sanguin (hypocalcémie) en période post-partum (GOFF et HORST, 1997). Le terme « fièvre vitulaire » est impropre car l'animal est en hypothermie. On l'appelle actuellement « le coma vitulaire ».

Au moment de la mise bas, les besoins en calcium augmentent énormément et de façon brusque pour la synthèse du lait.

Etant donné que le calcium est un élément d'importance capitale pour le fonctionnement des muscles, lorsque sa teneur dans le sang est basse, les muscles des pattes faiblissent et la vache est incapable de se tenir debout ou de se lever.

En l'absence de traitement comme les intraveineuses de calcium, le taux de mortalité est de 60 à 70% chez les animaux atteints et les vaches survivantes ont leur production laitière réduite ainsi que leur durée de vie économique (AFSSA, 2005).

Signalons que l'injection intraveineuse de calcium à une vache ayant une calcémie normale, peut provoquer l'arrêt cardiaque suite une augmentation de la concentration sanguine du calcium. Ainsi 25% des cas traités contre la fièvre du lait, nécessitent un traitement complémentaire (GOFF *et al.*, 1997). La prévention apparaît donc comme une autre alternative efficace de lutte contre cette maladie.

La prévention de la fièvre du lait a consisté depuis longtemps en une réduction d'apports de calcium à un maximum de 100 grammes par jour, dans les quatre dernières semaines de gestation pour stimuler sa mobilisation à partir du squelette vers le système sanguin. C'est ainsi que certains chercheurs mènent les études sur les substances pouvant être adjointes à l'aliment pour capter le calcium disponible au cas où les éleveurs disposeraient uniquement des foin à haute teneur en calcium et en potassium. Par exemple, la zéolite (silicate de sodium et d'aluminium), minéral argileux cristallin, est susceptible d'agir en tant que agent captant le calcium par échange ionique des ions sodium et des ions calcium et/ou d'autres cations (AFSSA, 2005).

On peut aussi injecter la vitamine D, trois jours avant la mise bas ou au cas où l'on ne sait pas exactement la date du vêlage, injecter 0,5µg/kg PV d'un métabolite de la vitamine D3, la 1(OH) Vitamine D qui sera hydroxylé dans le foie avant d'être actif.

L'autre moyen de prévention de la fièvre du lait est d'utiliser les apports des rations anioniques ou à DCAD (Dietary Cation Anion Difference) négatif tels que les sulfates et les chlorures de calcium, de magnésium et d'ammoniums.

Induisant ainsi une acidose métabolique, celle-ci stimule la mobilisation calcique des os et améliore l'homéostasie du calcium (GOFF et HORST, 1997, LEFEBVRE *et al.*, 1999, NRC, 2001). En effet, le pH sanguin devient acide lorsqu'il y a plus d'anions que de cations dans le sang. Or, les vaches à pH sanguin acide sont plus sensibles à la PTH (Parathormone).

La DCAD, exprimée en milliéquivalent par kg de matière sèche (mÉq kg⁻¹ MS), est calculée à l'aide des équations, courte et longue, ci-après:

- $[(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + 0,6 \text{S}^{2-})]$ (GOFF et HORST, 2003).

En utilisant cette équation courte, la valeur recommandée de DCAD pour améliorer les mécanismes de mobilisation du Ca osseux est de -50 à -150 mÉq kg⁻¹ MS.

Bien que l'on recherche une valeur négative de la DCAD, il faut considérer que lorsque la ration est anionique, l'excrétion urinaire de Ca augmente risquant ainsi de déclencher une hypocalcémie sous-clinique (LEFEBVRE, 1999). Il faudrait donc, ne pas négliger l'apport en Ca pour que l'approche anionique se déroule avec succès.

- $[(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + 0,2 \text{Ca}^{2+} + 0,2 \text{Mg}^{2+}) - (\text{Cl}^- + 0,6 \text{S}^{2-} + 0,64 \text{P}^{3-})]$.

En utilisant cette équation longue, la DCAD optimale est de +150 mÉq kg⁻¹ MS (GOFF et HORST, 2003).

2. 6.3. Hypocalcémie insidieuse

Les vaches multipares en début de lactation n'expriment pas toujours les signes de la fièvre vitulaire alors qu'elles présentent fréquemment l'hypocalcémie (LEFEBVRE, 1999).

Jusqu'à une concentration plasmatique de calcium de 4mg/100ml, les signes cliniques de la fièvre du lait ne sont pas visibles (GOFF et HORST, 1997).

Dans une étude sur les concentrations plasmatiques du calcium chez les vaches Holstein, 10 à 50% des vaches ont présenté une hypocalcémie sous clinique (le calcium plasmatique inférieur à 7,5mg/100ml) jusqu'à 10 jours après le vêlage (GOFF *et al.*, 1996).

Cette forme dite « insidieuse », est impliquée dans une multitude de problèmes de santé survenant autour de la parturition. Nous pouvons citer le retournement de caillette, les mammites, la rétention placentaire, le prolapsus utérin (LITLEDIKE, 1970), le faible taux de conception, l'acétonémie, la diminution rapide de l'état corporel, la baisse de l'appétit etc.

Signalons que les troubles du métabolisme du calcium en péripartum, sont souvent associés aux troubles du métabolisme du phosphore et du magnésium. Ainsi, on distingue actuellement trois types d'atteintes : le coma vitulaire rattaché à l'hypocalcémie, la parésie vitulaire liée à l'hypophosphatémie, la tétanie ou la convulsion vitulaire en rapport avec l'hypomagnésiémie.

3. LE PHOSPHORE

3.1. Importance

78% du phosphore (P) total de l'organisme est emmagasiné au niveau des os. Le rapport de calcium et du phosphore dans les os est en moyenne de 2,2 parts de calcium pour une part de phosphore (2,2:1) (WATTIAUX, 1997). L'autre portion de phosphore se trouve au niveau des muscles, du cerveau, du foie, de la rate et des reins. Le phosphore entre dans la composition de la membrane cellulaire et du contenu cellulaire comme les phospholipides, phosphoprotéines et les acides nucléiques. Il intervient dans le maintien de l'équilibre acido-basique du sang et le transfert d'énergie cellulaire (ATP).

Le phosphore est utilisé pour diminuer la DCAD des fourrages car il interagit négativement avec le métabolisme acido-basique de l'animal.

En effet, un apport excessif de P diminue l'activation de la vitamine D3 qui est essentielle à l'absorption intestinale du Ca alimentaire et à la mobilisation du Ca osseux (LEFEBVRE, 1999). Par ailleurs, face aux défis actuels d'élevage durable, l'on cherche à ajuster les apports alimentaires de phosphore afin de réduire les rejets excessifs animaux du phosphore qui contribuent à l'eutrophisation des eaux de surface. En plus, l'augmentation des quantités de phosphore dans la ration élève les coûts d'alimentation.

3.2. Source

La salive assure les apports réguliers du phosphore dans le rumen. Les microbes du rumen utilisent le phosphore pour la digestion de la cellulose et la synthèse des protéines. La concentration du phosphore dans la salive peut être 4 à 5 fois plus grande que celle plasmatique. 30 à 90 g de P sont sécrétés par jour chez la vache via la salive. L'animal trouve aussi le phosphore dans du lait, les graines des céréales, le tourteau des graines de coton, les phosphates calciques et les phosphates naturels. La teneur la plus faible en phosphore peut souvent être atteinte dans des rations ne contenant aucun supplément minéral.

La valeur «phosphore» des aliments est caractérisée par trois critères : la teneur en phosphore total, la teneur en phosphore phytique et l'activité phytasique endogène de la matière première (TRAN et SKIBA, 2005). Le phosphore phytique est la forme de stockage du phosphore organique des plantes, présent sous forme d'un complexe avec l'acide phytique. Les phytases peuvent être présentes dans certains végétaux (phytases végétales ou endogènes) mais peuvent aussi être produites par des microorganismes (phytases microbiennes ou exogènes). Leur action consiste à libérer le phosphore de l'acide phytique. L'INRA propose d'apporter à l'animal, les quantités suivantes de phosphore : Entretien : 30g/ jour, Vache tarie gestante : 38g/jour, Entretien + 10l de lait : 48g/jour, Entretien + 20l de lait : 65g/jour, Entretien + 30l de lait : 78g/jour, Entretien + 40l de lait : 88g/jour, Entretien + 45l de lait : 94g/jour.

En général, la digestibilité des sources du phosphore (plus de 50%) est supérieure à celle des sources du calcium (moins de 50%).

En plus, le phosphore est recyclé dans la salive, mais pas le calcium. Ces deux raisons expliquent la difficulté de trouver un rapport optimal entre le calcium et le phosphore dans la ration.

Par ailleurs, l'apport excédentaire de phosphore dans les rations alimentaires a été souvent justifié par le lien entre la fertilité du troupeau et la concentration en phosphore (P) de la ration alimentaire. Or, le taux sanguin de phosphore ne reflète pas les taux alimentaires sauf en cas de carence (GIRARD, 2001).

3.3. Absorption et excrétion

Le phosphore est absorbé au niveau du duodénum, du jujénum mais aussi du rumen (YANO F. et AL., 1991]. Il est excrété par la salive (150 % du phosphore ingéré); les fèces (50-80 % du phosphore ingéré); l'urine (moins de 4 %;) et le lait (20-40 % du phosphore ingéré) (LOMBA *et al.*, 1969, MORSE *et al.*, 1992). Le rapport de calcium et du phosphore est de 1,6:1 dans le lait.

3.4. Régulation

L'absorption du phosphore est régulée ou influencée par certains facteurs suivants :

- la concentration de phosphore disponible dans l'intestin qui réduit l'absorption de Pi (phosphore inorganique) de moitié (de 70 à 35 %) lorsque la concentration de Pi dans le lumen passe de 5 à 50 mmol/litre (CARE *et al.*, 1980).
- la présence d'aluminium dans la ration et des taux élevés de magnésium, de calcium et de gras qui provoquent une réduction importante de l'absorption de Pi de la ration (YANO *et al.*, 1991).
- la teneur en phosphore phytique de l'aliment. Le phosphore phytique doit être hydrolysé avant d'être disponible. Son absorption intestinale est très variable, car elle dépend du temps de séjour et de l'activité bactérienne dans le rumen.
- l'état d'alcalose et l'âge avancé de l'animal qui diminuent l'absorption du phosphore.

Parmi les hormones qui interviennent pour réguler la phosphorémie, il y a la parathormone (PTH). Elle agit sur la zone profonde du squelette par une activation de l'activité des ostéoclastes. Il en résulte une libération d'ions phosphates.

Parallèlement, tout comme la calcitonine, elle inhibe leur réabsorption rénale, ce qui réduit la concentration sanguine en phosphore. Le peptide apparenté à la parathormone (PTHrP) joue le même rôle.

Par contre la vitamine D augmente la réabsorption rénale des ions phosphates.

Les glucocorticoïdes bloquent l'absorption du phosphore et augmentent son élimination au niveau des reins.

Les oestrogènes sont parmi les facteurs diminuant le nombre de récepteurs à PTH sur les ostéoclastes et par conséquent hypophosphatémiant.

3.6. Troubles liés au phosphore

3.6.1. Troubles de reproduction

Plusieurs articles avaient fait une liaison entre la carence en phosphore et les problèmes de reproduction comme les troubles de fertilité, le taux de conception réduit, les chaleurs irrégulières, absence des chaleurs, diminution de l'activité ovarienne, augmentation des kystes ovariennes, etc. Par exemple, selon l'enquête réalisée en Ecosse en 1951 (HIGNETT et HIGNETT, 1951), le phosphore avait amélioré le taux de conception.

Cette croyance a justifié l'utilisation excessive de phosphore dans les rations alimentaires et par conséquent les rejets aussi élevés de phosphore dans le fumier. Cela a poussé des chercheurs de vérifier cette liaison. C'est le cas de NRC qui, par son édition de 2001, a passé en revue de littérature de 1923 à 1999. Ils ont observé que lorsque les vaches souffraient des problèmes de reproduction en lien avec la déficience de phosphore de la ration, celle-ci était aussi pauvre en énergie, protéines et d'autres nutriments importants.

Par ailleurs d'autres auteurs (LOPEZ *et al.*, 2001, SATTER et WU, 1999) ont rapporté que le niveau de phosphore dans la ration n'a pas d'effets marqués sur les différents paramètres de reproduction.

3.6.2. Pica

Le pica est un trouble du comportement alimentaire qui se caractérise par l'ingestion répétée des substances habituellement non comestibles. C'est la dépravation du goût. Les animaux lèchent et mordillent le sol, les murs, le bois des poteaux ou des auges, les congénères, ...

Le mot « pica » provient du nom latin qui signifie la pie, car cet oiseau a une tendance à manger tout ce qui lui tombe sous la dent (GRUNFELD, 1994, MESSERSCHMITT, 1990).

La cause de cette dépravation du goût n'est pas bien précise. Pour certains auteurs, le pica est un trouble nerveux alors que pour les autres, il résulte des carences en minéraux. JÜRIG KESSLER (2001), WILLIAMSON et PAYNE (1975) ont cité le pica comme un signe de la carence en phosphore.

Alors que d'autres l'ont évoqué comme un signe de carences en sodium, en cuivre et en cobalt (la carence en phosphore n'est pas citée) (INSTITUT DE L'ELEVAGE, 1994, WILLIAM et PAYNE, 1975). Le pica peut aussi faire partie des symptômes de l'acétonémie, de l'acidose du rumen et des troubles nerveux.

WATTIAUX mentionne le pica comme une des manifestations du désir intense du sel. Il rappelle que l'accès libre aux blocs de sel est nécessaire aux animaux de climat chaud car les pertes liées à la sueur augmentent le besoin en sodium. Cependant, il ne faut pas les placer trop près des points d'abreuvement pour éviter les surconsommations pouvant entraîner des troubles. Le traitement du pica résultant d'une carence en sodium peut se faire en donnant 50g/j/animal, puis 70g/j/animal au bout d'une semaine et enfin une distribution ad libitum au bout d'un mois (SERIEYS, 1997).

3.6.3. Troubles osseux

A cause de son association étroite avec le calcium, les troubles osseux qui découlent de la déficience en phosphore sont similaires à ceux du calcium. Chez les veaux, on remarque le rachitisme. Chez les vaches adultes, on remarque une fragilité des os due à une mobilisation excessive. Les os deviennent poreux et plus susceptibles aux fractures.

4. LE MAGNESIUM

4.1. Importance

Environ 70% du magnésium de l'organisme se trouve au niveau des os (TODD, 1969). En effet, il intervient dans la cohésion des cristaux osseux dans un rapport fixe avec le calcium/magnésium de 50 à 55 (PARAGON, 1984).

Le magnésium extracellulaire intervient dans la conduction nerveuse et les fonctions musculaires. Il contribue à l'activité et à la transmission des neurotransmetteurs. Il active plusieurs enzymes (WACKER, 1969). Il est impliqué dans certaines réactions du métabolisme des protéines et de l'énergie. Il facilite la voie de transkétolase du pentose monophosphate (PICKE et BROWN, 1975).

Le magnésium est un cation intracellulaire majeur. Il apparaît à des concentrations relativement basses dans les liquides extracellulaires, y compris le liquide cérébro-spinal et le sang (UNDERWOOD, 1981).

4.2. Source

L'animal trouve le magnésium dans le son de blé, le tourteau de coton, les sulfates de Mg, Chlorure de Mg, etc. Les légumineuses contiennent en général plus de magnésium que les graminées. Cependant, la disponibilité du magnésium dans les fourrages est très faible (elle varie de 11 à 28%) alors que le magnésium des concentrés est légèrement plus disponible (30 à 40%) (WATTIAUX, 1997).

Les jeunes veaux et animaux en période de croissance ont besoin de 12 à 30 mg/kg de poids vif. Chez la vache laitière, l'INRA recommande les quantités suivantes :

Entretien : 12g/ jour, Vache tarie gestante : 14g/jour, Entretien + 10l de lait : 18g/jour, Entretien + 20l de lait : 23g/jour, Entretien + 30l de lait : 27g/jour, Entretien + 40l de lait : 33g/jour, Entretien + 45l de lait : 35g/jour.

4.3. Absorption et excrétion

Le magnésium est quasiment absorbé activement au niveau du rumen (ODETTE O., 2005). Toutefois, il est aussi absorbé passivement tout au long du tube digestif.

L'absorption du magnésium dépend de la concentration de magnésium dans le liquide ruminal (important pour le transport actif et passif) et l'intégrité des mécanismes de son transport. La sécrétion du Mg dans l'intestin grêle est plus élevée que son absorption (PARAGON, 1984 , SEYMOUR , KLEBANOFF, 1967). L'absorption du Mg varie avec l'âge de l'animal et sa forme alimentaire.

Par exemple, l'oxyde de Mg est plus digestible que le sulfate de Mg (MARTENS et SCHWEIGEL, 2003). Cependant, la solubilité du magnésium diminue fortement quand le pH ruminal passe au dessus de 6,5 (NRC, 2001).

L'absorption de magnésium est aussi influencée par la teneur de potassium dans la ration (GUEGUEN *et al.*, 1987).

Ainsi, son coefficient d'absorption réel est donné par le modèle suivant:

CAR de Mg = $33,6 - 0,29 K$ (g/kg MS) (MESCHY et CORRIAS, 2005).

Enfin, l'excrétion se fait par trois voies : l'urine, les fèces et le lait.

4.5. Troubles liés au magnésium

4.5.1. Tétanie d'herbage

La tétanie d'herbage est due à une chute de magnésium dans le sang. Elle apparaît souvent chez les vaches mises à l'herbe sur les pâturages des graminées luxuriants parfois pauvres en magnésium et riches en eau, azote et potassium. La baisse de magnésium assimilable et peu de réserves de magnésium mobilisable en cas de déficience, concourent à la baisse de sa concentration sanguine. Ce qui se traduit par un comportement nerveux, une démarche chancelante, des tremblements musculaires, une baisse de la consommation et de la production laitière (INSTITUT D'ELEVAGE, 2000). Ces symptômes peuvent s'aggraver vite : l'animal présente une démarche raide et des mouvements désordonnés des membres, grince les dents, présente un important écoulement de salive, reste couché avec les yeux proéminents et la mort survient rapidement en absence d'intervention.

4.5.2. Autres troubles

L'hypomagnésémie réduirait la réceptivité du myomètre à l'ocytocine et peut être un facteur aggravant de dystocie. Une manque de motricité de l'utérus et même des troubles digestifs peuvent donc, résulter d'une carence en magnésium (INSTITUT D'ELEVAGE, 2000). Aussi, il existerait un lien entre l'hypomagnésémie et certains troubles cardiaques.

Par ailleurs, une teneur de magnésium supérieur à 0,05 mg/l dans l'eau d'abreuvement, est à éviter car elle peut réduire le goût de l'eau chez la vache (CRAAQ, 2000). Or, la quantité de lait produit est liée à la quantité d'eau consommée.

5. LE POTASSIUM

5.1. Importance

Le potassium est le troisième élément le plus abondant dans l'organisme (NRC, 2001). Contrairement aux calcium et phosphore, l'animal a très peu de réserves en potassium. Il est essentiel pour le bon fonctionnement des enzymes, des muscles et des tissus nerveux. Il est indispensable dans l'excitation des nerfs et des muscles (PARAGON, 1989). Il intervient dans la régulation de la pression osmotique, l'équilibre acido-basique, l'équilibre hydrique, le transport de l'oxygène et du gaz carbonique. Il intervient également dans l'activité des micro-organismes du rumen et dans l'appétit.

Le potassium est un électrolyte intracellulaire le plus important. Par contre, le milieu interstitiel est pauvre en potassium. Le maintien de cet équilibre se fait grâce à la pompe ionique qui empêche les ions de potassium à franchir la membrane cellulaire selon leur gradient de concentration. Une légère augmentation de la kaliémie, de l'ordre de 0,3mEq/l, suffit pour induire la sécrétion de l'aldostérone. Cette hormone agit au niveau du tube contourné distal du néphron pour provoquer une excrétion d'ions potassium. En cas d'une faible concentration de potassium dans le sang, elle active l'excrétion des ions hydrogène et par conséquent, il survient une alcalose métabolique. Par ailleurs, la concentration du potassium dans le lait est la plus élevée par rapport à celle des autres minéraux (38mEq/l) (CRAAQ, 2003).

5.2. Source

L'animal trouve le potassium dans les fourrages verts, les carbonates de potassium, etc. Une jeune plante peut contenir plus de 3% de sa matière sèche. Cette concentration diminue au fur et à mesure que la plante grandit.

L'INRA recommande les quantités suivantes :

Entretien : 50g/ jour, Vache tarie gestante : 60g/jour, Entretien + 10l de lait : 70g/jour, Entretien + 20l de lait : 90g/jour, Entretien + 30l de lait : 110g/jour, Entretien + 40l de lait : 130g/jour, Entretien + 45l de lait : 140g/jour.

Comme l'on peut le lire dans le schéma ci-après, le potassium sérique résulte d'un équilibre entre les apports, les répartitions dans les différents compartiments de l'organisme animal et les pertes.

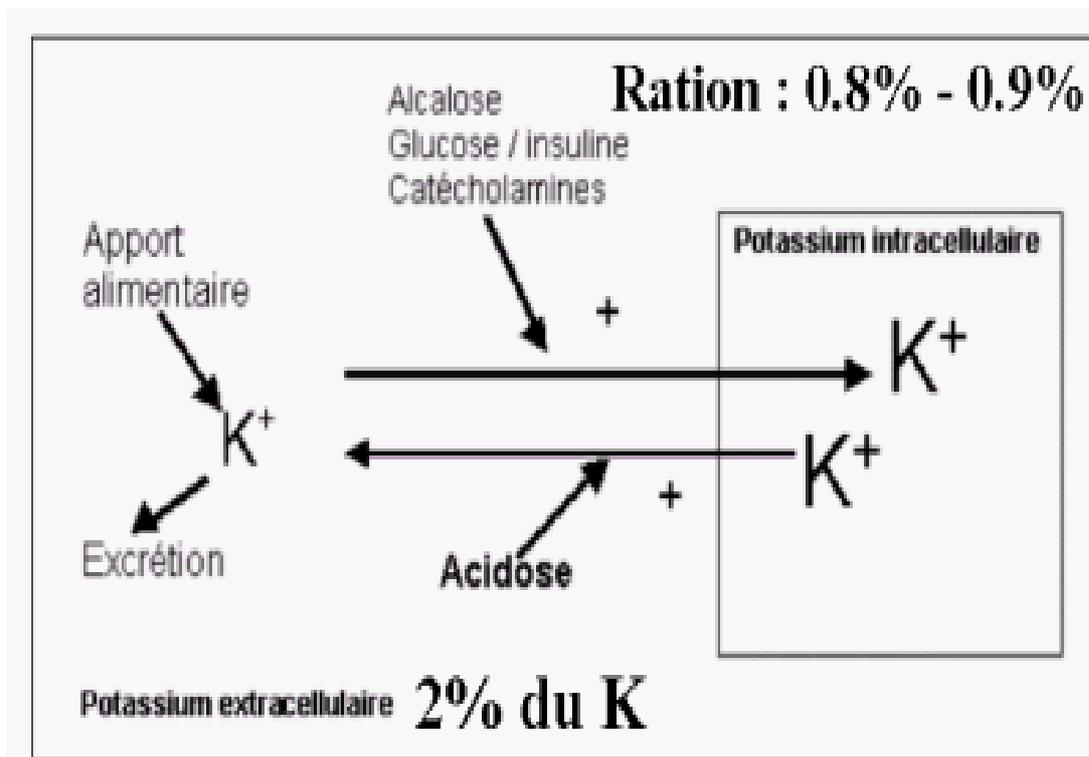


Figure 4 : Mouvements du potassium dans l'organisme animal. (TREMBLAY, 2007)

5.3. Troubles liés au potassium

La portion maximale tolérable de potassium dans la ration est de 3% de MS.

Ainsi, les erreurs de suppléments pouvant hausser cette valeur à 4,6 %, sont susceptibles de causer une chute de prise alimentaire, une baisse de production laitière, une augmentation de prise d'eau et d'excrétion urinaire de potassium (NRC, 2001).

Par ailleurs, l'apport excessif de potassium avant le premier vêlage ou au cours de la période sèche favoriserait l'apparition de l'œdème mammaire. Cette maladie survient en général, 2 à 3 semaines avant le vêlage.

Elle se caractérise par une infiltration de liquide séreux qui se formerait sous la peau suite à l'action du potassium sur la perméabilité vasculaire et du poids foetoplacentaire qui ralentit la circulation de retour de la mamelle (INSTITUT D'ELEVAGE, 1994). Le pis augmente alors de volume. Il devient tendu, luisant et douloureux avec les trayons exagérément écartés. Le traitement se fait par l'application des pommades à base de salicylate de méthyle sur la mamelle et par l'emploi des diurétiques pour permettre l'élimination de l'exsudat par l'urine (INSTITUT D'ELEVAGE, 1994).

La déficience en potassium est rare. Lorsqu'elle survient, on remarque la perte de pliure de la peau, la diminution de la croissance et la baisse de la prise alimentaire.

6. LE SODIUM

6.1. Importance

L'organisme animal renferme 1 à 1,9 g / kg de poids corporel. Sa concentration est de 149mEq/l dans le plasma (BLAIN , 2002), 160 mEq/l à 180 mEq/l dans la salive et 25mEq/l à 30mEq/l dans le lait (NRC, 2001). C'est le cation extracellulaire le plus important (AITKEN, 1979). Le sodium intervient dans la maintenance osmotique, la balance acide-base et la transmission d'influx nerveux.

30 à 50% entrent en constitution du squelette comme agent de cohésion (INSTITUT D'ELEVAGE, 2000). Il joue un rôle important dans le sodium-potassium ATPase, enzyme indispensable dans le transport des nutriments.

6.2. Source

L'animal trouve le sodium dans le sel ordinaire et les fourrages. Cependant, les plantes contiennent très peu de sodium.

Lorsque les bovins disposent du sel à volonté sous forme de blocs à lécher, ils régulent en grande partie leur consommation en fonction de leurs besoins (INSTITUT D'ELEVAGE, 2000).

Les recommandations de l'INRA chez la vache laitière sont les suivantes :

Entretien : 11g/ jour, Vache tarie gestante : 13g/jour, Entretien + 10l de lait : 13g/jour, Entretien + 20l de lait : 22g/jour, Entretien + 30l de lait : 26g/jour, Entretien + 40l de lait : 32g/jour, Entretien + 45l de lait : 36g/jour.

Dans les régions où les éleveurs salent les fourrages (foins), les apports supplémentaires ne sont pas nécessaires.

6.3. Absorption et excrétion

L'absorption se fait activement au niveau du rumen (MARTENS, 1991], et passivement au niveau des intestins surtout au niveau du côlon (PARAGON, 1984).

Environ 50% de Na secrété par la salive sous forme de bicarbonates de sodium, est réabsorbé au niveau du rumen et 15 à 20% de Na apporté par l'alimentation est éliminé (BLAIN, 2002). Au niveau du tube contourné proximal du néphron, il y a une réabsorption d'ions sodium couplée à l'excrétion d'ions hydrogène. Au niveau de l'anse de Henlé, les ions sodium sont réabsorbés passivement.

Aussi, un système de cotransport fait passer simultanément un ion de sodium, un ion de potassium et deux ions de chlore de la lumière tubulaire vers la cellule tubulaire d'où ils diffusent dans le sang. Au niveau du tube contourné distal, l'ion sodium est aussi réabsorbé grâce à l'aldostérone.

Le maintien de la concentration de sodium dans le sang et dans les tissus est donc, assuré par sa réabsorption et son excrétion au niveau des reins.

6.4. Troubles liés au sodium

La déficience en sodium se traduit par l'apparition de signes comme le pica, les vaches qui boivent les urines des autres, l'incoordination motrice, l'arythmie cardiaque qui peut conduire vers la mort (NRC, 2001).

Selon le NRC, la portion maximale tolérable de chlorure de sodium dans la ration est de 4 % de MS (soit 1,6 % de sodium) chez les vaches allaitantes. La prise excessive peut augmenter l'incidence la sévérité de l'œdème mammaire (RANDAL, 1974). La prise d'eau contenant 12 à 25 g de Na Cl / l peut causer chez les jeunes vaches en croissance, une sévère anorexie, une réduction d'abreuvement, une perte de poids et l'apathie.

7. LE CHLORE

7.1. Importance

L'organisme de l'animal en contient 1 à 1,2g/kg de poids corporel. Le plasma en contient 103mEq/l (BLAIN, 2002). Sa concentration dans le liquide ruminal est de 10 à 30 mEq/l et de 25 à 30 mEq/l dans le lait. Il représente plus de soixante pour cent du total des anions dans les liquides extracellulaires. Le chlore est nécessaire pour l'activation de certaines enzymes comme l'amylase pancréatique.

Il est le principal anion dans les sécrétions gastriques. Il est important pour la digestion des protéines. Il intervient aussi dans la respiration et la régulation du pH du sang.

7.2. Source

La source alimentaire est la même que celle de Sodium. Cependant, la concentration en chlore varie énormément au sein des fourrages en fonction des fertilisants, la nature du sol et le stade végétatif.

Le chlore est aussi sécrété via la salive, la bile, le liquide pancréatique et par la paroi gastrique.

Le NRC (2001) propose chez la vache laitière, un apport de 0,25% en période de lactation et de 0,20% en période de tarissement, soit une moyenne de 2,25g/100Kg de PV.

7.3. Absorption et excrétion

Le chlore est principalement absorbé à partir du duodénum. Cette absorption est passive (BLAIN, 2002). Il est absorbé en échanges avec les ions bicarbonates au niveau de la partie distale de l'iléon et du gros intestin. L'excrétion se fait par les matières fécales (2% du Cl ingéré) et par l'urine. Une partie du chlore filtré au niveau du rein, est activement réabsorbée au niveau de l'anse de Henlé. Aussi, au niveau du tube contourné distal, un système de cotransport est responsable de l'absorption des ions sodium et des ions chlore.

Une petite quantité de chlore est aussi excrétée au niveau de la sueur sous forme de NaCl et de KCl.

La régulation de la concentration du Chlore dans le liquide extracellulaire et de son homéostasie est liée à celle du Sodium. L'on pense que le rôle du chlore dans le maintien de l'équilibre ionique des fluides du corps est passif comme celui du potassium et du sodium. En cas de déficience en chlore, il se produit un processus de conservation de chlore (FETTMAN, 1984).

Ceci se fait par la réduction d'excrétion dans l'urine, le lait et les fèces. Par ailleurs, le chlore pris en excès par rapport aux besoins de la vache est éliminé essentiellement par l'urine (NELSON *et al.*, 1955). Chez les vaches allaitantes, une grande portion de chlore est excrétée par les fèces (COPPCOK, 1986).

Aussi, quand la concentration sanguine des bicarbonates augmente, les ions chlore sont excrétés au niveau du rein pour maintenir l'équilibre acido-basique du sang.

Pour conserver la concentration normale des bases ou d'électrolytes positifs, l'excrétion des ions chlore est accompagnée par les ions ammoniums.

Les pertes de chlore endogène dans l'urine et les fèces sont environs 50% plus élevées que celles du sodium (GUEGEUN *et al.*, 1969).

7.4. Troubles liés au Chlore.

La déficience en chlore a été créé chez les veaux de 100kg de poids vif en leur donnant une ration contenant 0,063% de chlore et en enlevant 100 g du contenu abomasal chaque jour (NEATHERY *et al.*, 1981). Les signes cliniques observés étaient l'anorexie, la perte de poids, léthargie, légère polydipsie et légère polyurie. Plus tard, on observa une réduction du rythme respiratoire, la présence du sang et du mucus dans les fèces.

Les veaux témoins subissaient la même opération abomasale mais ils étaient nourris avec une alimentation contenant 0,48% de chlore. On remarqua qu'ils grandissaient normalement et ne montraient aucun signe de déficience.

Chez les vaches qui ont été nourris avec une alimentation contenant 0,1% de MS pendant les 8 à 11 premières semaines, on a remarqué une chute de prise alimentaire et d'eau, une perte de poids, une chute de production de lait, une diminution de concentration de chlore dans le sang, la salive, les fèces, l'urine et le lait (FETTMAN, 1984). Les vaches ont eu l'appétit dépravé, la léthargie, l'hypophagie, l'émaciation, l'hypogalactie, la constipation et la dépression cardio-vasculaire. Les troubles métaboliques étaient l'hypochlorémie et secondairement l'hypokaliémie et l'alcalose.

La déficience en chlore qui résulte d'un apport alimentaire insuffisant de chlore ou d'une perte de jus gastrique peut causer l'alcalose due à un excès de bicarbonates qui augmentent dans le sang pour compenser les ions chlore.

La quantité de chlore dans l'alimentation qui peut causer la toxicité n'est pas encore bien établie. Toutefois, le NRC a fixé la quantité maximale tolérable de chlorure de sodium à 4% de MS chez les vaches en lactation et 9% de MS chez les vaches tarées.

8. LE SOUFRE

8.1. Importance

Le soufre entre dans la composition de certains acides aminés comme la méthionine, la cystéine, la taurine et de certaines vitamines du groupe B comme la biotine et la thiamine. Le métabolisme du soufre conduit progressivement vers l'oxydation de ce métalloïde. Celle-ci se produit sur la cystéine grâce à une dioxygénase : l'enzyme dissocie des molécules d'oxygène respiratoire pour fixer deux atomes sur le soufre de l'acide aminé tandis que deux autres iront constituer deux molécules d'eau. Les hydrogènes sont apportés par le coenzyme NADPH.

Le produit de la réaction, cystéine sulfinat, sera ensuite transaminé, puis perdra son SO_2 et le pyruvate restant conduira au cycle de Krebs ou, en cas de jeûne, à la gluconéogénèse. La cystéine est donc un acide aminé glucoformateur.

Le SO_2 sera oxydé en sulfate, qui pourra être utilisé après avoir été activé en phosphoadénosyl-phosphosulfate. La cystéine est aussi quelquefois utilisée dans des réactions de détoxification ou dans la synthèse du coenzyme A.

La méthionine est utilisée pour la synthèse de l'adénosyl-méthionine, coenzyme donneur de méthyle des méthyltransférases. Cette transméthylation libère l'homocystéine. L'homocystéine peut être retransformée en méthionine par une homocystéine méthyl-transférase qui utilise le N⁵-méthyl-tétrahydrofolate comme coenzyme et la vitamine B12. L'homocystéine peut aussi être condensée avec une sérine pour former la cystathionine aussitôt hydrolysée en cystéine et α cétobutyrate. Cette trans-sulfuration est catalysée par la cystathionine synthase et par la cystathionine lyase (RAISONNIER, 2004).

8.2. Source

L'animal trouve le soufre dans les fourrages, l'eau d'abreuvement, les aliments protéiques et les sulfates. En général, les plantes riches en protéines sont aussi riches en soufre.

Le rapport entre l'azote et le soufre (N:S) dans les rations est souvent de 10:1 (WATTIAUX, 1997). L'apport direct d'acides aminés soufrés n'est pas pour autant indispensable chez les ruminants. Le soufre minéral est valorisé par la microflore ruminale pour synthétiser ces acides aminés soufrés. La fleur de soufre n'est pourtant pas très souhaitable puisqu'elle favorise la formation dans le tube digestif, de sulfures d'oligoéléments (notamment de cuivre), insolubles et inassimilables. Les sulfates sont mieux conseillés mais leur excès entraîne la fuite urinaire du calcium et du magnésium (ROGER, 1997).

Le NRC (2001) propose chez la vache laitière, un apport de 0,20% en période de lactation et de 0,16% en période de tarissement.

8.3. Troubles liés au Soufre

L'excès de soufre dans la ration perturbe le métabolisme du sélénium, du zinc et du cuivre. En effet, les sulfates sont réduits en sulfites puis en sulfures. Ces derniers sont antagonistes du sélénium. Les sulfures en présence de molybdène forment des thiomolybdates de cuivre très peu digestibles et très peu métabolisables. Ils bloquent aussi le zinc et le sélénium, en plus de cuivre et prédisposent à la carence en thiamine (Vit B1).

Par ailleurs, l'excès de soufre (plus de 0,4% de la matière sèche de la ration) peut provoquer les symptômes de toxicité (convulsion musculaire, diarrhée, perte de la vision). L'eau de boisson peut parfois contenir suffisamment de soufre. Elle peut produire des effets néfastes chez l'animal.

DEUXIEME PARTIE :
ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES

1. MATERIEL

1.1. Milieu d'étude

Notre étude a été effectuée dans la périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso. Celle-ci est située à l'Ouest du Burkina-Faso, à 365 km de la capitale Ouagadougou. Elle occupe une superficie de 13 652 hectares et est peuplée de 521 000 habitants. Elle est au cœur de la région des Hauts bassins au niveau de la province de Houet dont le cheptel est estimé à environ : 650.458 bovins, 425.253 ovins, 454.183 caprins et plus de 2 400 000 volailles. Son climat est de type Sud Soudanien et se caractérise par une longue saison sèche (octobre à avril) et une saison pluvieuse d'une durée de 5 mois (mai à septembre). La pluviométrie varie de 800 à 1200 mm. C'est la région la plus arrosée du Burkina-Faso dans laquelle deux fleuves prennent leur source: le Mouhoun et le Comoé. La végétation se caractérise par un développement important des espèces ligneuses faites de savanes boisées, de forêts galeries le long des cours d'eau. Les exploitants agricoles sont regroupés en exploitations familiales et en groupements villageois, en coopératives et en marchés autogérés. L'élevage se pratique souvent en corrélation avec l'agriculture. En effet, la plupart des agriculteurs sont équipés de charrues à tractions animales et les animaux sont nourris par les restes des récoltes.

Cependant, les unités de production d'aliments de bétail existent. Exemple : SN-CITEC, JOSSIRA et SOFIB pour la fabrication de tourteaux. La périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso abrite plus de troupeaux transhumants que de troupeaux en fermage spécialisées en production laitière et/ou en production de viande. L'exploitation du cheptel se fait généralement pour l'abattage et l'exportation.

1.2. Matériel animal

Notre étude a porté sur 120 animaux issus de la ferme de la station de Farako-Bâ et des élevages situés dans un rayon de 25 Km par rapport à la Ville de Bobo-Dioulasso.

1.2.1. La station expérimentale de Farako-Bâ

1.2.1.1. Description

La station de Farako-Bâ est située à 4°20 Longitude Ouest et 11°06 Latitude Nord avec 405 m d'altitude. Elle est à dix kilomètres de Bobo-Dioulasso. Elle a une superficie de 375 hectares dont 200 ha aménagés en parcelles. Elle est l'une des trois stations du Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles Ouest (CRREA-Ouest). Celui-ci est sous la direction de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) qui fait partie des quatre Institutions de Recherches du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) coiffé par le Ministère des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESSRS).

La station de Farako-Bâ est caractérisée par un climat soudano-guinéen avec les précipitations oscillant entre 800mm et 1200 mm par an. Ses sols sont rouges faiblement ferrallitiques à l'Ouest et ferrugineux au Nord avec 2% de pente. Ils sont très sensibles à l'érosion et pauvres en azote et phosphore disponibles pour les plantes. Le pH du sol varie entre 5 et 6,5.

Les travaux de recherche y sont organisés par les quatre départements de l'INERA selon programmes de recherche énumérés ci-après :

- Bovins, petits ruminants, monogastriques (Département Production Animale : DPA).
- Riz, céréales traditionnels, oléo-protéagineux, coton et cultures maraîchères, fruitières et plants à tubercules (Département Production Végétale : DPV).
- Amélioration des ressources forestières, valorisation des produits forestiers et protection des ressources forestières (Département Production Forestière : DPF).

- Gestion des ressources naturelles et systèmes de production (Département Ressources Naturelles et Systèmes de Production : GRN/SP).

1.2.1.2. Les animaux de la ferme de Farako-Bâ

La ferme de Farako-Bâ compte 58 animaux dont 36 femelles adultes, 4 génisses, 6 taurillons, 1 bœuf de trait, 4 velles et 7 veaux. 25 de ces animaux ont été utilisés dans cette étude. Suite à la provenance diverse des animaux, les races sont mal connues. Cependant, le phénotype de la race Zébu Peulh prédomine. Elle est entretenue par une zootechnicienne, deux techniciens d'élevage et trois bouviers. La journée de travail se passe successivement comme suit : la mise au pâturage très tôt le matin, le nettoyage des locaux et le transport du fumier vers les fosses aménagées tout près des bâtiments, la traite manuelle, l'enregistrement des données et les interventions médicales éventuelles, la remise au pâturage, la rentrée à la ferme (12h00'), l'abreuvement, la complémentation alimentaire constituée de mélasse et de tourteau de coton pour certaines vaches, la remise au pâturage, la traite manuelle, le pâturage et puis la rentrée à la ferme. Les animaux broutent sur les mêmes parcelles utilisées pour les essais agricoles des autres départements de la station de Farako-Bâ. La ferme comporte un abreuvoir et deux grands blocs de bâtiments de sol bétonné avec une toiture bi-pente. Ces bâtiments dont les murs chaulés et ouverts sur les deux cotés vers le haut, sont compartimentés en une salle de maternité munie d'une logette commune aux veaux, une salle de génisses, une salle abritant le reste du troupeau et donnant accès à la bascule, une salle de conservation de la paille et une salle de mise en quarantaine. La reproduction se fait par monte naturelle et rarement par insémination artificielle. Les mises bas sont regroupées à cause des études de recherche. La ferme fonctionne en auto-renouvellement. Cependant, elle compte aussi des sujets empruntés chez les éleveurs. Certains géniteurs ont été sélectionnés sur ascendance. L'âge moyen au premier vêlage est de 42 mois. L'intervalle moyen vêlage-vêlage est de 21 mois. La moyenne de production laitière est de 1,5 l par vache et par jour. La période de traite est étendue sur 9 mois. Les principales pathologies rencontrées sont la trypanosomose, le pica, les avortements et les diarrhées néonatales chez les veaux.

1.2.2. Les autres élevages

Nous avons inclus dans notre protocole en plus de la ferme de Farakobâ, 95 animaux issus de seize élevages ayant presque les mêmes caractéristiques. En effet, ils sont composés d'un mélange de trois races : Zébu Peul, Zébu Gudhali et Zébu Azawak. La production laitière moyenne est de 1 à 2 litres par vache et par jour. Les animaux se nourrissent presque exclusivement sur les pâturages naturels. Toutefois, ils sont en bon état de santé pendant la saison de pluie. Les animaux passent la nuit au niveau des places non couvertes, limitées par des haies en bois secs, aménagées tous près des foyers des propriétaires. La reproduction se fait par monte naturelle. En cas de sélection, les paysans se basent sur certains critères dont la capacité de l'animal à brouter les différentes catégories d'herbes et/ou à supporter la soif en saison sèche, la taille qui détermine la capacité de l'animal à atteindre les fourrages aériens, la performance en traction, la résistance aux maladies, etc. Les principales pathologies rencontrées sont la trypanosomose, la pasteurellose, le charbon bactérien, les infertilités, les avortements, les mortalités élevés des veaux, etc.

1.3. Matériel technique

1.3.1. Matériel de collecte de données

Des fiches d'identification des prélèvements et de collecte de données sur les animaux et les éleveurs ont été élaborées au début de l'étude. Elles comportaient :

- Le nom de l'éleveur
- Le nom ou le numéro, le sexe, l'âge, la race et la parité de la vache
- Le type de ration distribuée (complémentation minérale ?)
- La description des manifestations de pica ou non
- La date et le numéro de prélèvement.

1.3.2. Matériel de prélèvement et de conservation des échantillons

Il s'agit de :

- tubes sous-vide héparinés,
- portes-tubes,
- aiguilles,
- glacière,
- centrifugeuse,
- des pipettes Pasteur
- aliquotes
- congélateur.

1.3.3. Matériel de dosage

Pour réaliser les dosages des minéraux, nous avons utilisé le matériel suivant:

- un spectrophotomètre à plaque,
- des plaques de microtitration,
- des pipettes Eppendorf de 100 μ l et de 1000 μ l,
- des cônes pour pipettes automatiques,
- des portoirs et des tubes à essais,
- les échantillons de sérum,
- un vortex (mixeur),
- des erlenmeyers
- et des kits (spécifiques aux minéraux à doser) fournis par les laboratoires BioSystems (Espagne).

2. METHODES

2.1. Méthode d'échantillonnage

Nous avons sélectionné les vaches qui exprimaient le pica et les vaches sensibles aux carences minérales (d'une part les jeunes proches de la mise à la reproduction et d'autre part les femelles en dernier mois de gestation et en premier mois de lactation).

Les vaches sensibles ont été choisies au hasard.

2.2. Méthodes de prélèvement et de conservation des échantillons

Les prélèvements de sang ont été réalisés selon la chronologie suivante:

- réaliser la contention de l'animal avec la tête dirigée vers le haut,
- faire la pression sur la veine jugulaire à sa sortie de la poitrine,
- désinfecter le site de ponction,
- effectuer la ponction veineuse en dirigeant l'aiguille vers la tête,
- retourner doucement le tube plusieurs fois après le prélèvement,
- étiqueter le tube,
- placer et transporter les tubes dans la glace,
- centrifuger en moins de quatre heures à 3000 tours /min pendant 15 minutes, transférer le plasma dans les aliquotes étiquetés
- conserver à -20°C.

Les prélèvements ont été fait hebdomadairement sur 14 vaches pendant un mois avant la mise bas et un mois après la mise bas. Aussi, les prélèvements ont été réalisés une fois chez 41 vaches qui exprimaient le pica et chez 65 vaches sensibles (vaches en péripartum et en croissance). La période de prélèvement s'est étendue de mi-Novembre 2006 jusqu'à fin Mai 2007.

2.3. Méthodes de dosage

2.3.1. Le phosphore

La méthode de dosage utilisée est basée sur l'une des propriétés du phosphore inorganique présent dans l'échantillon. En effet, il réagit avec le molybdate en milieu acide pour donner un complexe quantifiable par spectrophotométrie. Le dosage se fait suivant les étapes suivantes :

- la préparation des échantillons et des réactifs,
- la répartition dans les tubes à essais,
- l'homogénéisation,
- la répartition dans les plaques de microtitration
- la lecture des densités optiques à 340 nm.

2.3.2. Le calcium

Le principe de la méthode utilisée est celui-ci : le calcium présent dans l'échantillon réagit avec le bleu de méthylthymol en milieu alcalin, pour donner un complexe coloré quantifiable par spectrophotométrie. Le dosage se fait selon les étapes suivantes :

- la préparation des échantillons,
- la préparation des réactifs dont l'un renferme l'hydroxyquinoléine qui évite les interférences avec le magnésium,
- la répartition dans les tubes à essais,
- l'homogénéisation,
- la répartition dans les plaques de microtitration
- la lecture des densités optiques à 610 nm.

2.3.3. Le magnésium

Il s'agit d'un dosage colorimétrique dans lequel le magnésium présent dans l'échantillon réagit avec la calmagite en milieu alcalin, pour donner un complexe coloré quantifiable par spectrophotométrie. La procédure est la suivante :

- préparer les échantillons,
- répartir les échantillons et le réactif renfermant l'EGTA dans les tubes à essais,
- homogénéiser,
- répartir dans les plaques de microtitration
- faire la lecture des densités optiques à 520 nm.

2.4. Méthodes de traitement des données

Les données ont été saisies, organisées en fichiers et sauvegardées régulièrement sur l'ordinateur pour leur conservation et leur utilisation ultérieure. Les logiciels WORD et le tableur EXCEL ont été utilisés à cet effet.

Par ailleurs, l'analyse statistique et la représentation graphique des données numériques ont été faites à l'aide des fonctions de feuilles de calcul et de graphiques associées à EXCEL. Le test de Wilcoxon, le test de Student et le test Z ont été utilisés pour comparer les moyennes.

CHAPITRE 2 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. RESULTATS

Les dosages effectués nous ont permis d'avoir les concentrations en phosphore, en magnésium et en calcium de tous prélèvements. Les résultats seront présentés suivant les différentes classes des vaches afin de mieux faire percevoir leurs variations.

Ainsi pour chaque paramètre minéral, les variables statistiques descriptives (moyennes, écart-types, minima, et maxima) sont présentées sur un tableau. Les concentrations moyennes seront ensuite comparées entre les groupes d'animaux des différentes classes (les vaches avec et sans pica, mâles et femelle, génisses et femelles adultes, les vaches avant mise bas et après mise bas, les vaches en station et milieu réel.) puis comparés avec des valeurs usuelles rapportées par SAWADOGO (1998) pour les zébus d'Afrique subsaharienne.

1.1. LES RESULTATS DU DOSAGE DU PHOSPHORE

1.1.1 Les résultats sur l'ensemble des vaches

La moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum des concentrations plasmatiques de phosphore exprimées en mmol/l sont présentés sur le tableau II.

Tableau II : Moyenne, écart-type, minimum et maximum de la phosphorémie de l'ensemble des vaches.

Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	Minimum (en mmol/L)	Maximum (en mmol/L)
2,13 \pm 0,90	1,98	4,18

En considérant les valeurs usuelles de la phosphatémie chez les zébus peuls (2,05 à 2,87mmol/L) les proportions sur l'ensemble des vaches sont présentées sur la figure 5. On a une proportion d'hypophosphatémie très importante (54,21%).

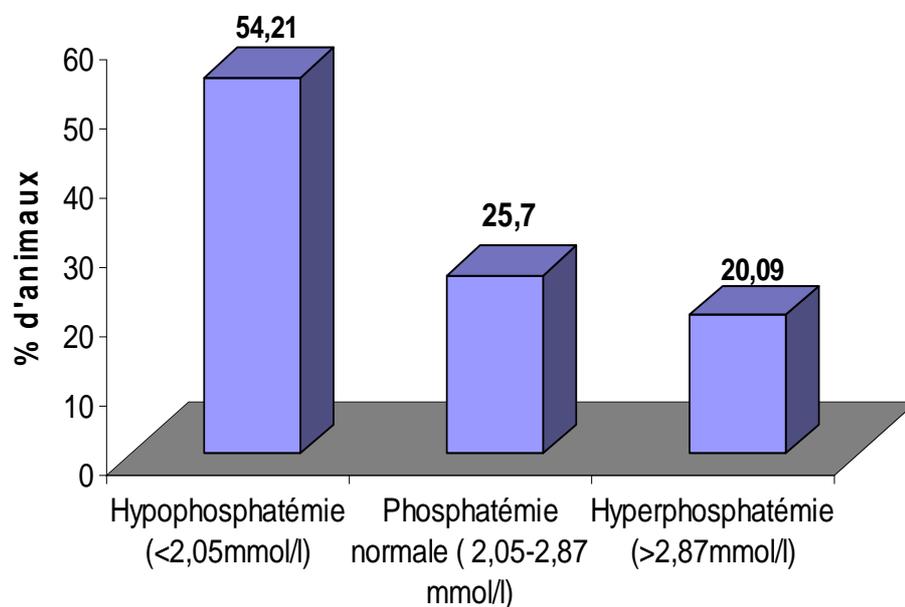


Figure 5 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies

1.1.2 Les résultats selon les différents groupes de vaches

Les concentrations moyennes en phosphore et les proportions d'animaux selon leurs phosphatémies sont présentées respectivement sur les tableaux III à VII et les figures 6 à 10 selon la présence ou l'absence de pica, le sexe, le n° de vêlage, le péripartum et la localisation en station ou non.

Ainsi, le tableau III présente les concentrations moyennes de phosphore chez les vaches présentant ou non le pica. On note qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes.

Tableau III : Concentrations moyennes de phosphore chez les vaches présentant ou non le pica

	Vaches ayant le pica (n= 41)	Vaches sans pica (n=79)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	1,9312 \pm 0,70 ^a	2,18 \pm 0,93 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 6 présente la répartition des vaches en fonction de leurs phosphatémies dans les groupes des animaux ayant du pica ou non. On note une proportion importante d'hypophosphorémie dans les 2 groupes.

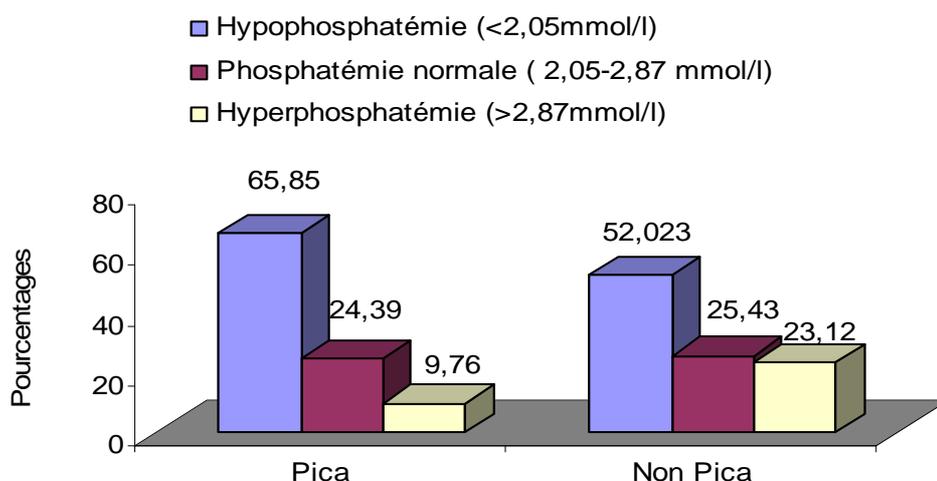


Figure 6 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon l'absence ou la présence de pica

Le tableau VII présente les concentrations moyennes de phosphore selon le sexe. On n'observe pas de différence significative entre les deux sexes.

Tableau IV: Concentrations moyennes de phosphore selon le sexe

	Mâles (n= 27)	Femelles (n=93)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	2,05 \pm 0,87 ^a	2,16 \pm 0,91 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 7 présente la répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon le sexe et montre qu'il y a des proportions importantes et semblables d'hypophosphatémie dans les deux groupes.

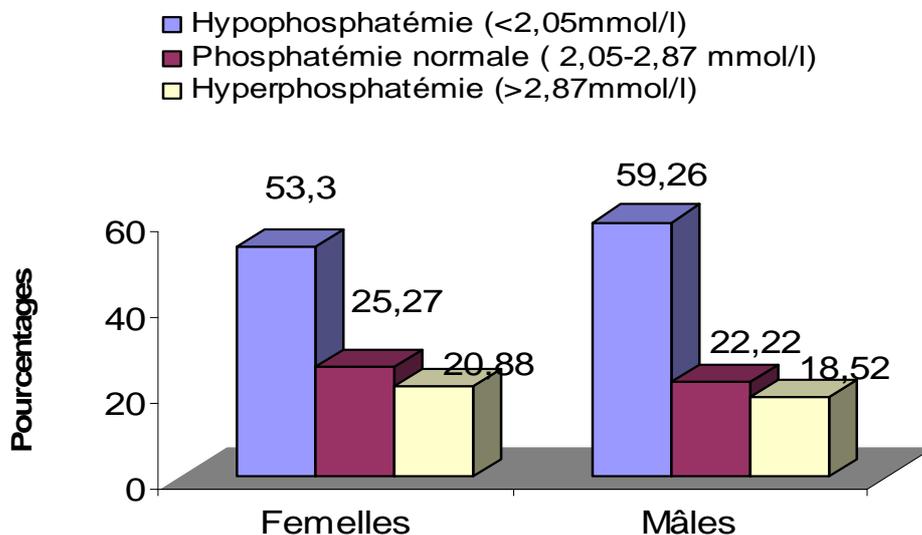


Figure 7 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon le sexe

Le tableau V montre les phosphatémies moyennes des génisses et des autres vaches adultes.

Tableau V : Concentrations moyennes de phosphore en fonction de la mise bas

	Génisses (n=20)	Primipares et multipares (n=73)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	2,72 \pm 0,98 ^a	2,67 \pm 0,83 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 8 montre les pourcentages des vaches ayant les phosphatémies basses, normales et supérieures chez les génisses et les vaches femelles adultes.

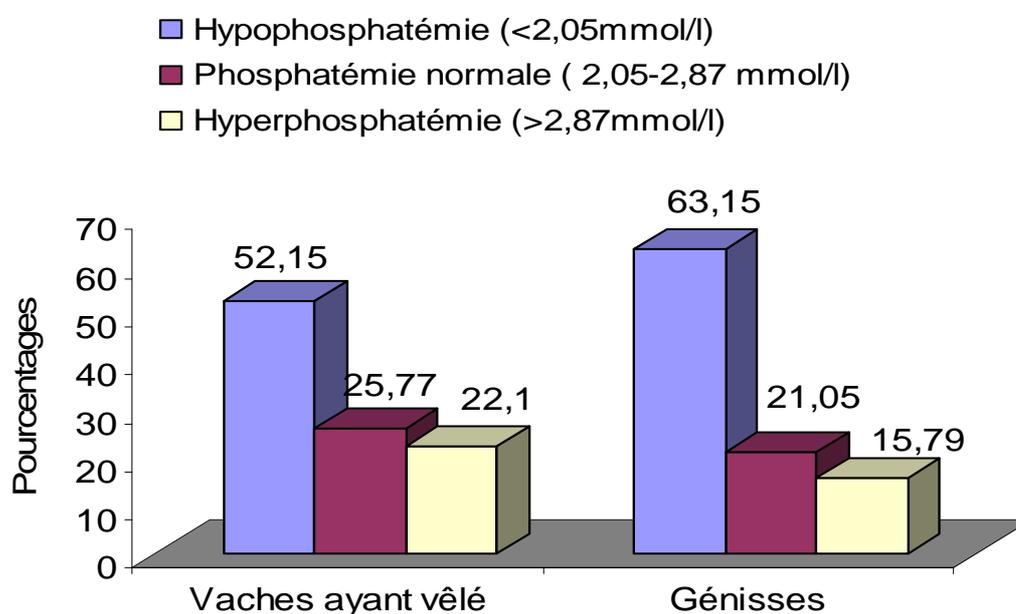


Figure 8 : Répartition des génisses et des vaches femelles adultes en fonction de leurs phosphatémies et selon le n° de vêlage.

Le tableau VI montre les phosphatémies moyennes des vaches autour du vêlage.

Tableau VI : Concentrations moyennes de phosphore en fonction du péripartum

	Vaches avant mise bas (n = 22)	Vaches après mise bas (n = 51)
Moyenne ± Ecart-type (en mmol/L)	2,06 ± 0,97 ^a	2,23 ± 0,92 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 9 répartit les vaches autour du vêlage en fonction de leurs phosphatémies.

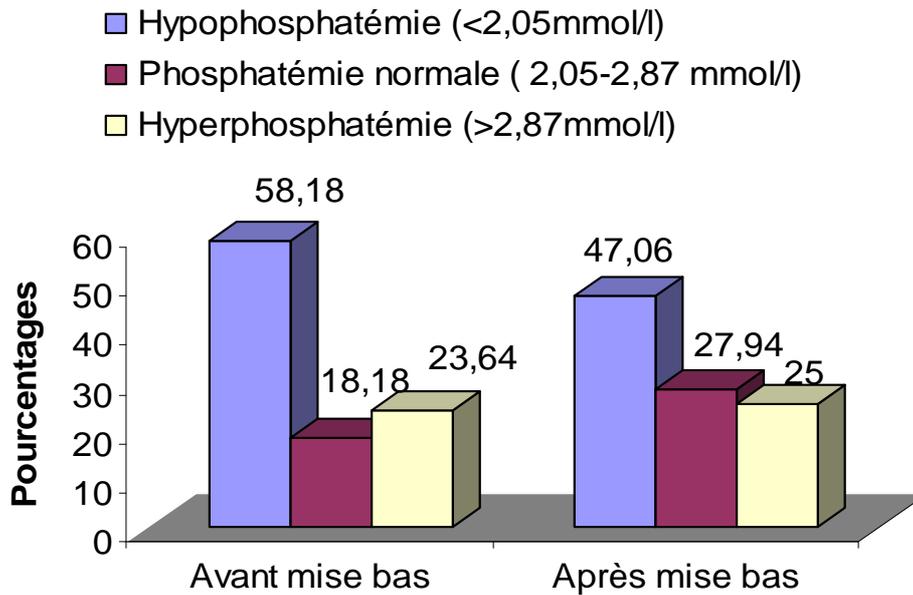


Figure 9 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon le péripartum

Le tableau VII donne les phosphorémies moyennes des vaches en station et des vaches en milieu réel. Ces concentrations sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau VII : Concentrations moyennes de phosphore en fonction de la localité

	Vaches en station (25)	Vaches en milieu réel (95)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	1,83 \pm 0,85 ^a	2,26 \pm 0,89 ^b

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

La figure 10 montre les pourcentages des vaches ayant une phosphatémie comprise ou non dans la fourchette normale. La proportion des vaches en hypophosphatémie en station est importante qu'en milieu paysan.

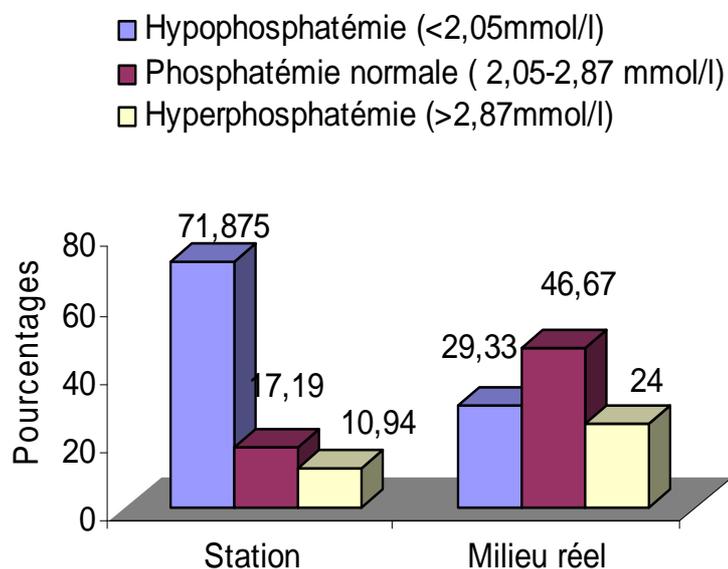


Figure 10 : Répartition des animaux en fonction de leurs phosphatémies et selon leur localité.

1.2. LES RESULTATS DU DOSAGE DU MAGNESIUM

Les concentrations en magnésium, exprimées en mmol/l et les pourcentages des vaches en hypomagnésiémie sont présentés respectivement dans les tableaux et figures ci-après selon l'ensemble des vaches, la présence ou l'absence du pica, le sexe, la mise bas, le péripartum et la localité.

1.2.1 Les résultats sur l'ensemble des vaches

La moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum des concentrations plasmatiques de magnésium exprimées en mmol/l sont présentés sur le tableau VIII.

Tableau VIII : Magnésiémie de l'ensemble des vaches (120).

Moyenne ± Ecart-type	Minimum	Maximum
0,91±0,37	0,11	2,12

La figure 11 répartit les vaches en fonction de leurs magnésiémies. Elle montre qu'il y a une proportion importante des vaches en hypomagnésiémie.

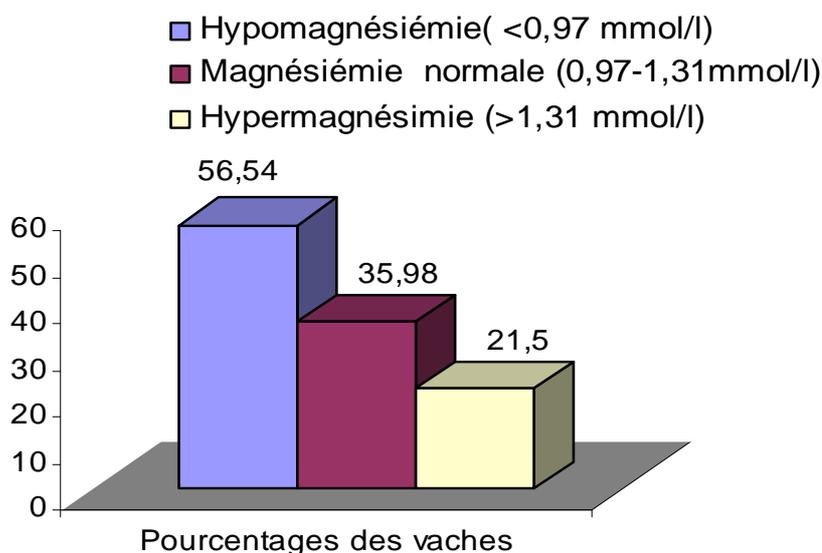


Figure 11 : Répartition de tous les animaux en fonction de leurs magnésiémies

1.2.2 Les résultats selon les différents groupes de vaches

Le tableau IX montre la magnésémie des animaux ayant exprimé le pica et la magnésémie des animaux sans pica. Elles ne diffèrent pas significativement ($p < 0,05$).

Tableau IX : Concentrations moyennes de magnésium en fonction de la présence ou non du pica.

	Vaches ayant le pica (n = 41)	Vaches sans pica (n = 79)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	0,84 \pm 0,45 ^a	0,92 \pm 0,35 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

La figure 12 montre les pourcentages des vaches réparties selon leurs magnésiémies au sein des groupes des vaches avec pica et sans pica.

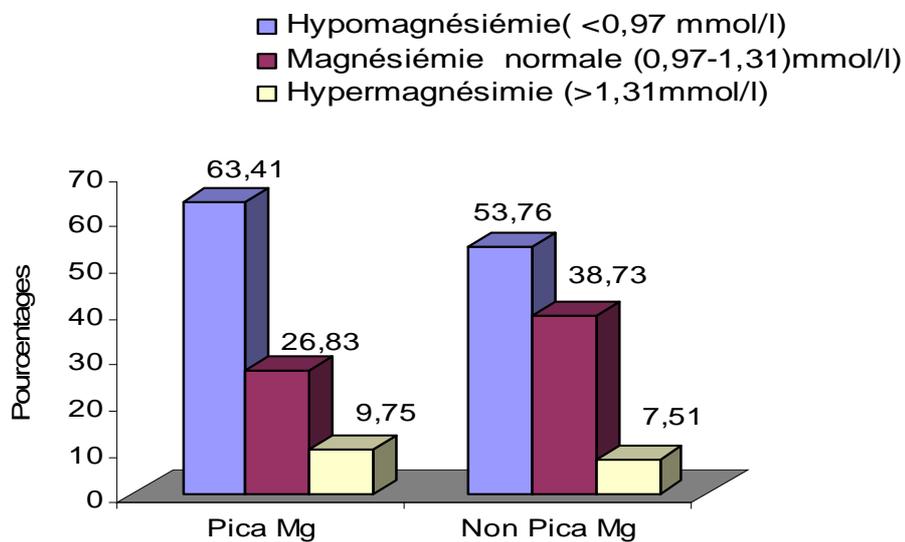


Figure 12: Répartition des vaches avec ou sans pica en fonction de leurs magnésiémies

Les moyennes magnésiémies des mâles et des femelles sont présentées dans le tableau X.

Tableau X : Concentrations moyennes de magnésium selon le sexe.

	Mâles (n = 27)	Femelles (n= 93)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	0,76 \pm 0,32 ^a	0,93 \pm 0,37

^{a, b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 13 présente la répartition des mâles et femelles en fonction de leurs magnésiémies.

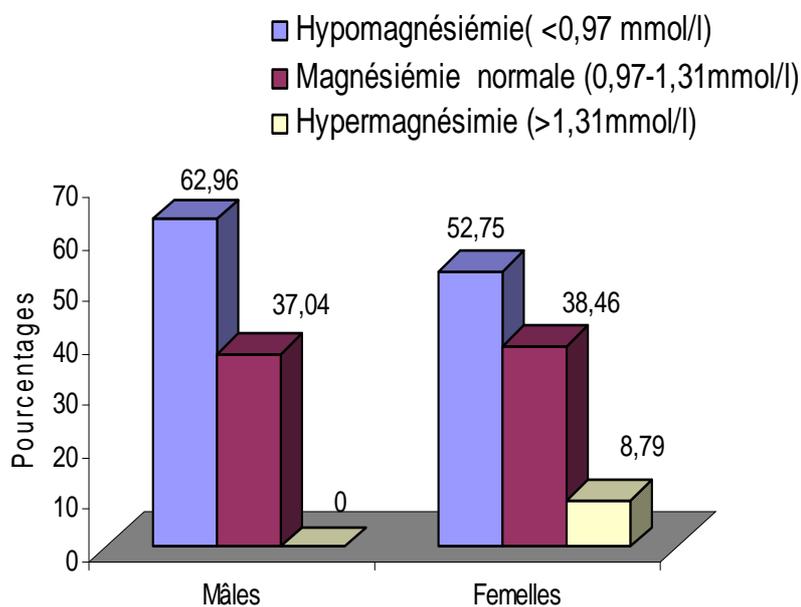


Figure 13 : Répartition des mâles et femelles en fonction de leurs magnésiémies.

Le tableau XI présente les magnésiémies des génisses et des vaches adultes. Les moyennes de ces deux groupes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Tableau XI : Concentrations moyennes de magnésium des génisses et des autres vaches adultes.

	Génisses (n = 20)	Primipares et multipares (n= 73)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	$0,82 \pm 0,5^a$	$0,95 \pm 0,36^b$

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

La figure 14 illustre la répartition des génisses et des vaches primi et/ou multipares selon leurs magnésiémies. Elle montre qu'il y a une proportion importante des génisses en hypomagnésiémie.

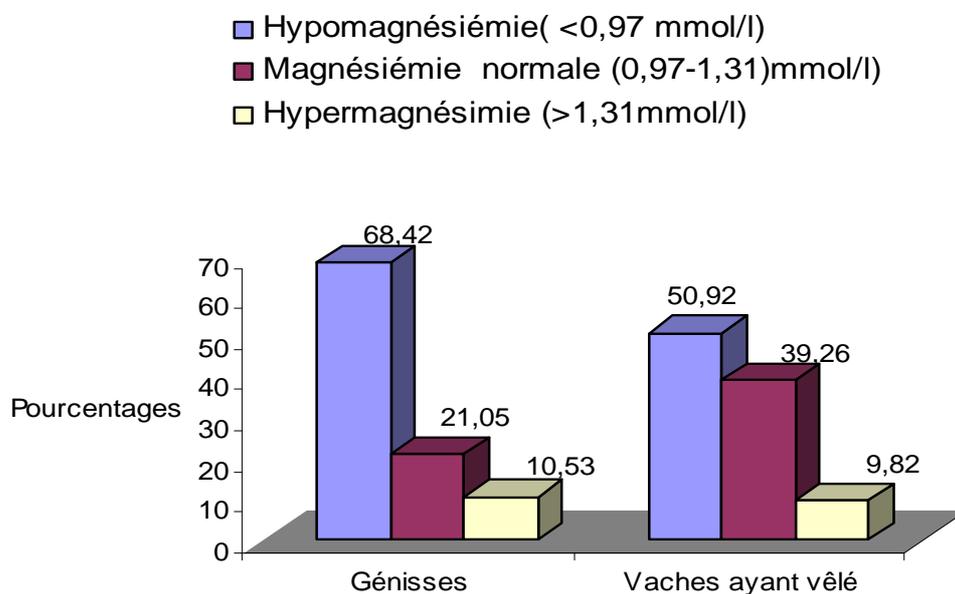


Figure 14 : Répartition des génisses et des femelles adultes en fonction de leurs magnésiémies.

Le tableau XII présente les magnésiémies des vaches en péripartum.

Tableau XII : Concentrations moyennes de magnésium selon le péripartum

	Vaches avant mise bas (n = 22)	Vaches après mise bas (n = 51)
Moyenne ± Ecart-type (en mmol/L)	1,03 ± 0,37 ^a	0,89 ± 0,35 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 15 présente la répartition des vaches en péripartum en fonction de leurs magnésiémies.

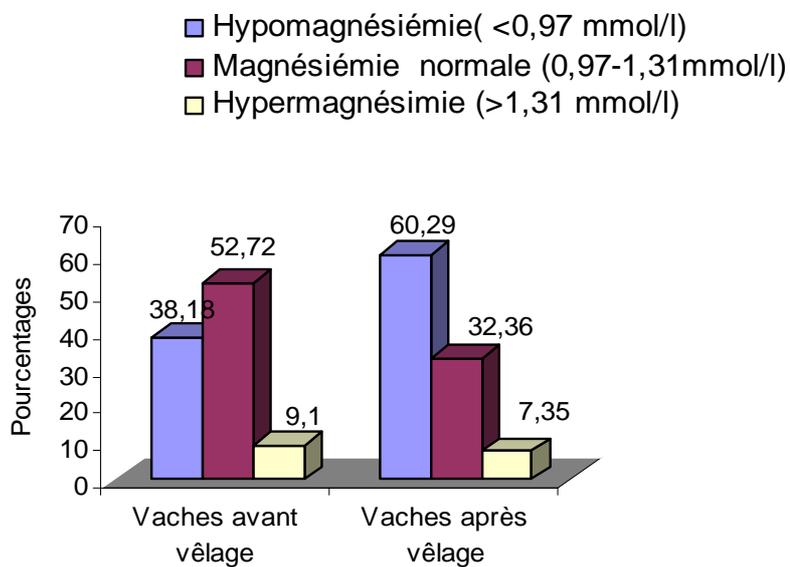


Figure 15 : Répartition des vaches en péripartum selon leurs magnésiémies.

Le tableau XIII présente les concentrations moyennes de magnésium chez les vaches présentant ou non le pica. On note qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes.

Tableau XIII : Concentrations moyennes de magnésium des vaches en station et en milieu réel.

	Vaches en station (25)	Vaches en milieu réel (95)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	0,86 \pm 0,43 ^a	0,93 \pm 0,34 ^a

^a les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 16 présente, selon leurs magnésiémies, la répartition des vaches en station et en milieu réel. Elle montre qu'il y a des cas d'hypomagnésiémies en station et en milieu réel.

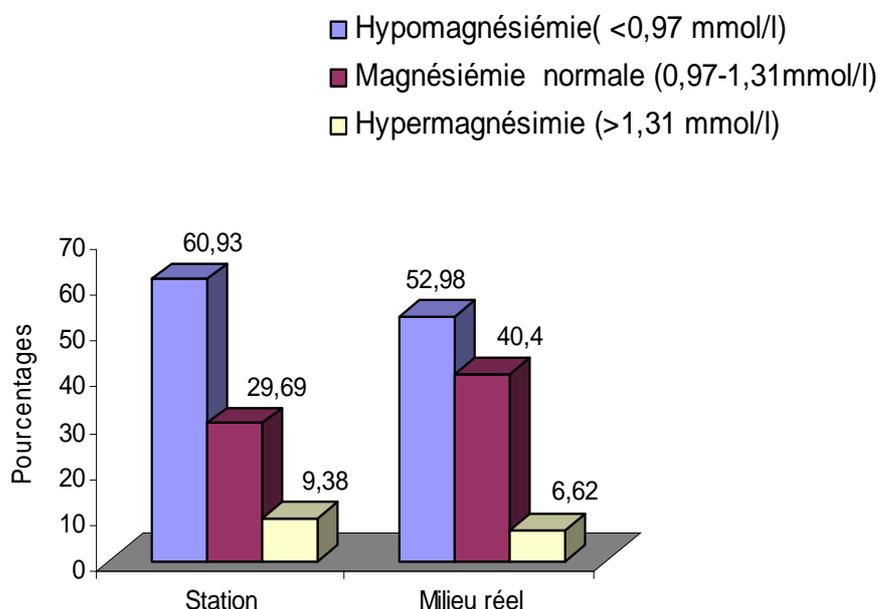


Figure 16 : Répartition des vaches en station et milieu réel selon leurs magnésiémies.

1.3. LES RESULTATS DU DOSAGE DU CALCIUM

Les concentrations en calcium, exprimées en mmol/l et les pourcentages des vaches en hypocalcémie sont présentés respectivement dans les tableaux et figures selon l'ensemble des vaches, la présence ou l'absence du pica, le sexe, la mise bas, le péripartum et la localité.

1.3.1 Les résultats sur l'ensemble des vaches

La moyenne, l'écart-type, le minimum et le maximum des concentrations plasmatiques de calcium exprimées en mmol/l sont présentés sur le tableau XIV.

Tableau XIV : Calcémie de l'ensemble des vaches (n = 120)

Moyenne \pm Ecart-type	Minimum	Maximum
2,69 \pm 0,85	1,3	4,5

Les proportions des vaches en fonction de leurs calcémies sont données sur la figure 17. On note que plusieurs animaux ont une calcémie normale. Cependant, il y a aussi des cas d'hypocalcémie (36,88 %) et d'hypercalcémie (16,4 %).

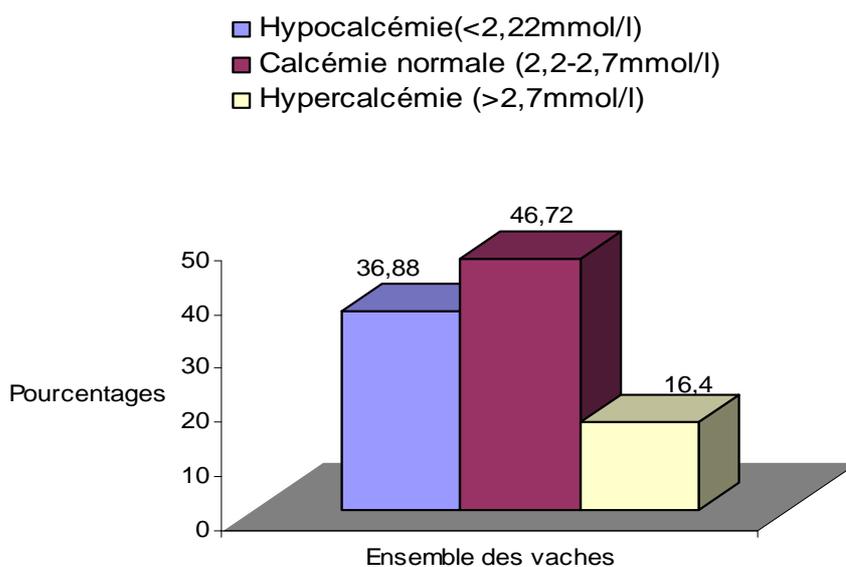


Figure 17 : Répartition des vaches en fonction de leurs calcémies.

1.3.2 Les résultats selon les différents groupes de vaches

Le tableau XV montre les moyennes de calcémie calculées chez les animaux présentant le pica et les vaches sans pica. Les calcémies moyennes de ces deux groupes ne diffèrent pas significativement ($p < 0,05$).

Tableau XV : Concentrations moyennes de calcium des vaches avec pica et des vaches sans pica.

	Vaches ayant le pica (41)	Vaches sans pica (79)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	2,81 \pm 0,79 ^a	2,66 \pm 0,86 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

La figure 18 présente la répartition des vaches en fonction de leurs calcémies dans les groupes des animaux ayant du pica ou non.

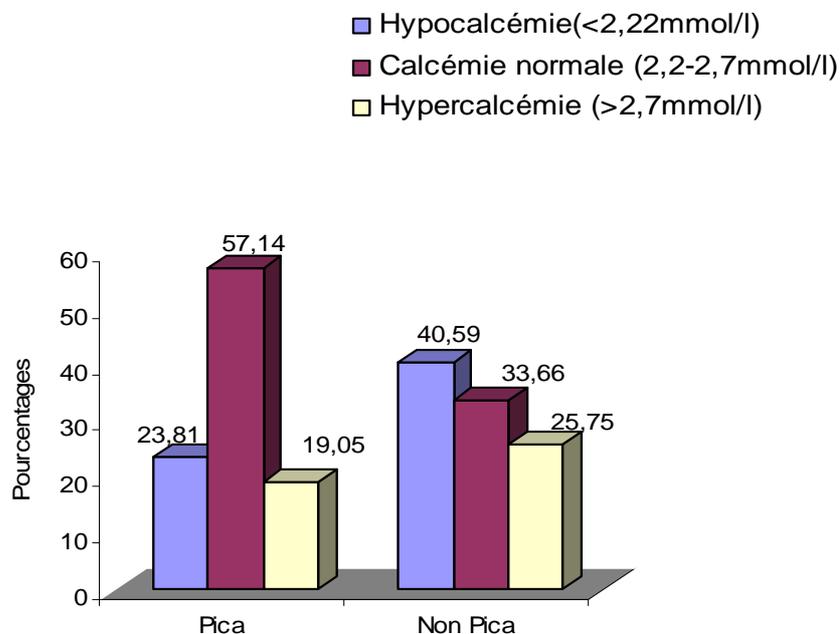


Figure 18 : Répartition des vaches présentant ou non le pica en fonction de leurs calcémies.

Le tableau XVI présente les concentrations en calcium calculées chez les mâles et femelles.

Tableau XVI : Calcémies moyennes des vaches selon le sexe.

	Mâles (n = 27)	Femelles (n = 93)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	2,80 \pm 0,90 ^a	2,67 \pm 0,85 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 19 représente les répartitions de mâles et femelles en fonction de leurs calcémies.

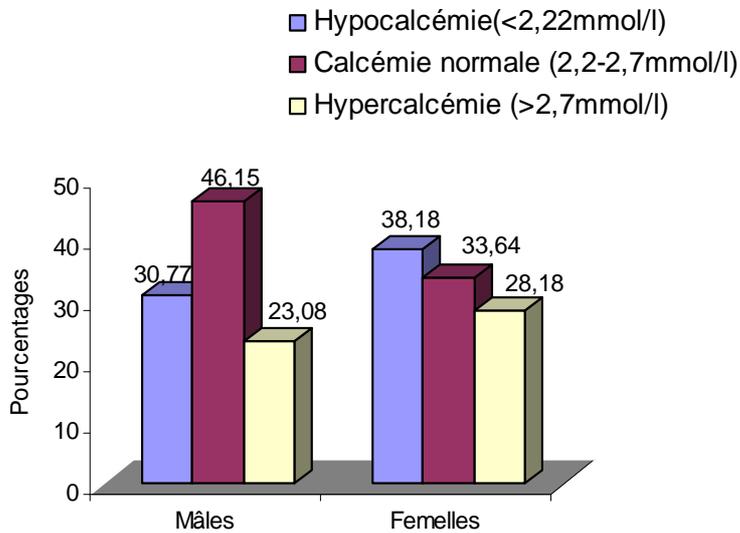


Figure 19 : Répartition des vaches mâles et femelles en fonction de leurs calcémies.

Les concentrations en calcium calculées chez les génisses et les autres femelles sont présentées dans le tableau XVII.

Tableau XVII: Concentrations moyennes de calcium des génisses et des autres vaches adultes.

	Génisses (n = 20)	Primipares et multipares (n = 73)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	2,72 \pm 0,81 ^a	2,67 \pm 0,83 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 16 présente, selon leurs calcémies, la répartition des génisses et des autres femelles.

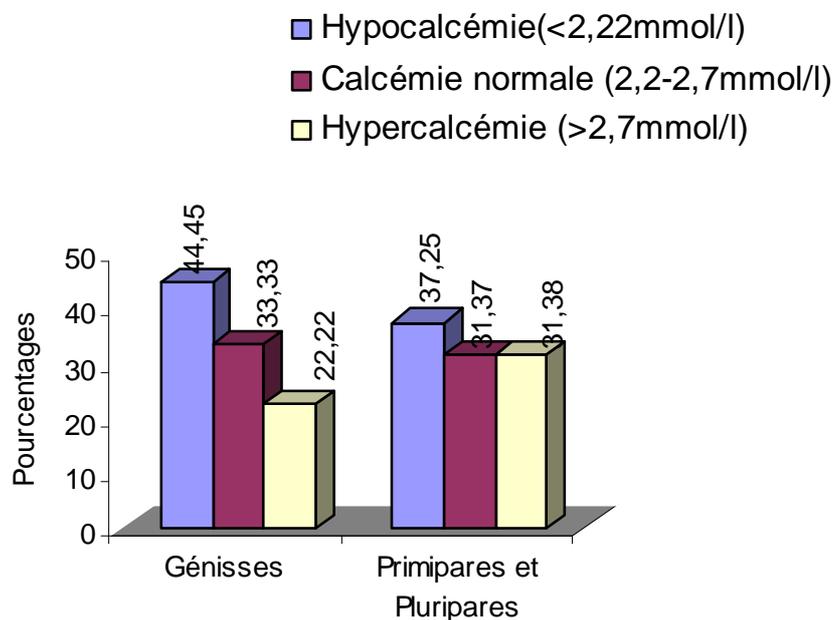


Figure 20 : Répartition des génisses et autres femelles adultes en fonction de leurs calcémies.

Les concentrations moyennes de calcium calculées chez les vaches en péripartum sont présentées dans le tableau XVIII. On note que la calcémie des vaches avant la mise bas n'est pas significativement différente de celle des vaches après la mise bas.

Tableau XVIII : Concentrations moyennes de calcium des vaches selon le péripartum.

	Vaches avant mise bas (n = 22)	Vaches après mise bas (n = 51)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	2,69 \pm 0,88 ^a	2,55 \pm 0,82 ^a

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes (P<0,05)

La figure 21 illustre les proportions des vaches en péripartum réparties suivant leurs calcémies.

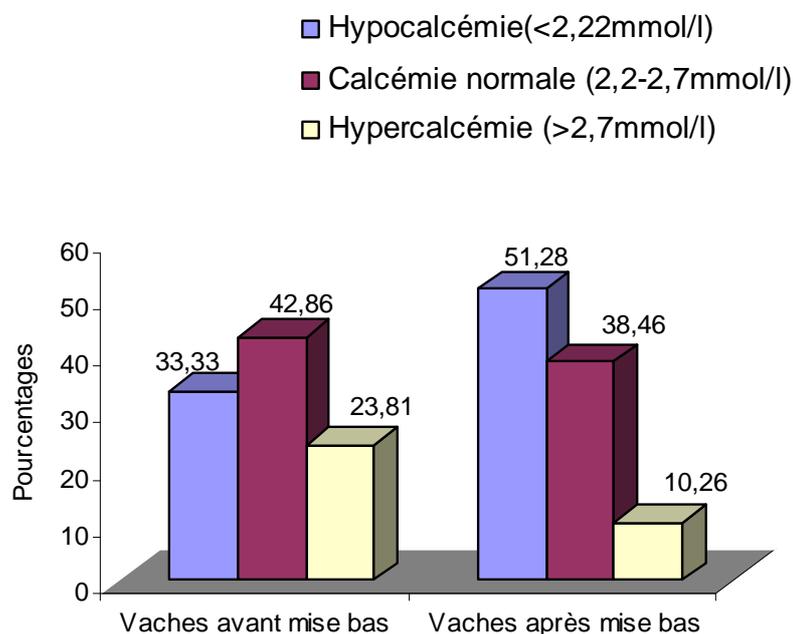


Figure 21 : Répartition des vaches en péripartum en fonction de leurs calcémies.

Les calcémies moyennes calculées chez les vaches en station et les vaches en milieu réel sont présentées dans le tableau XIX. Les calcémies moyennes de ces deux groupes diffèrent significativement ($p < 0,05$).

Tableau XIX : Concentrations moyennes de calcium des vaches en station et en milieu réel.

	Vaches en station (n = 25)	Vaches en milieu réel (n = 95)
Moyenne \pm Ecart-type (en mmol/L)	$2,99 \pm 0,97^a$	$2,57 \pm 0,62^b$

^{a,b} les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$)

La figure 22 montre la répartition des vaches en station et en milieu réel selon leurs calcémies. La proportion des cas d'hypocalcémies est importante chez les vaches en station.

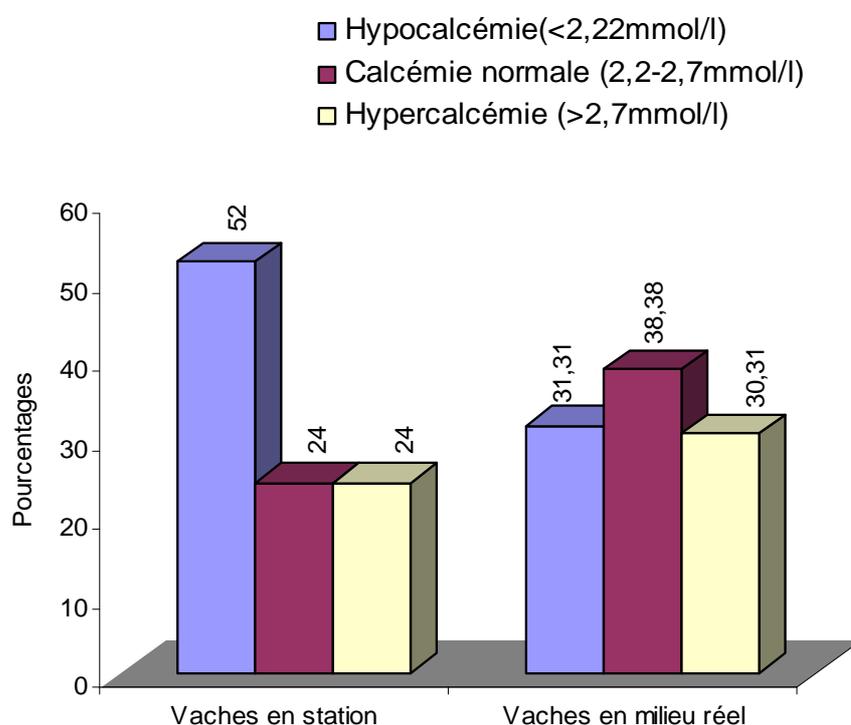


Figure 22 : Répartition des vaches en station et en milieu réel en fonction de leurs calcémies.

2. DISCUSSION

2.1. Le choix de l'échantillon de l'étude

La sélection des élevages a été faite selon trois critères qualitatifs : la localisation en périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso dans un rayon de 25 Km, la constitution d'un effectif suffisant d'animaux et l'accord des éleveurs.

La sélection de sujets a été faite selon deux critères : la manifestation du pica et l'état physiologique. En effet, tous les sujets présentant le pica et les femelles en période du péripartum étaient à priori éligibles. Les sujets en croissance approchant l'âge de mise en reproduction (les génisses et les taurillons) ont été aussi choisis au hasard au sein de chaque troupeau.

Au sein des élevages sélectionnés, les paramètres étudiés chez les sujets présentant le pica et les femelles en premier mois de lactation sont estimés sans biais car la méthode de recrutement de ces sujets a été exhaustive. En effet, les femelles en dernier mois de gestation ne font pas partie de ce groupe car certaines d'entre elles n'ont pas été incluses dans le protocole suite au manque d'enregistrement des dates probables de monte et au risque d'avortement lié aux méthodes de contention.

2.2. Fiabilité des appareils d'analyse et des résultats

Avant les manipulations, un contrôle des appareils de mesure et de réactifs a été effectué. Les pipettes automatiques ont été contrôlées par la gravimétrie. La précision, et l'exactitude des analyses ont été appréciées par l'utilisation des échantillons de contrôle interne avec un coefficient de variation intra essai de 3,2%. Par ailleurs, le spectrophotomètre utilisé possède deux systèmes intrinsèques de contrôle : le test du système (System Self Test) et le test d'étalonnage (Bio-Tek calibration plate PN 9000 547).

Quant aux réactifs, il fallait vérifier l'absence de particules et de turbidité avant de les utiliser.

Par ailleurs, les moyennes des densités optiques du blanc utilisé pour le dosage du phosphore, du magnésium et du calcium étaient respectivement de 0.365, 0.322, 0.521. Ces valeurs sont respectivement inférieures à 0.5, 0.575 et 0.8 ; valeurs proposées par le producteur des réactifs.

2.3. Les résultats du dosage du phosphore

Les résultats de dosage de cet élément montrent que la phosphatémie moyenne se situe dans l'intervalle de valeurs usuelles proposées par SAWADOGO, (1998) pour les zébus peuls (2,05 à 2,87mmol/L). Toutefois, on enregistre une proportion très importante (54,21%) d'animaux en hypophosphatémie (figure 5). Cette situation illustre un problème d'apport alimentaire en phosphore pour les animaux de l'échantillon étudié.

En considérant le facteur présence ou absence de pica, les résultats montrent que près de 65.85 % des vaches présentant le pica, ont une phosphatémie inférieure à la valeur de référence de SAWADOGO (1998). Ceci renforce l'hypothèse affirmant que le pica peut être un indicateur de l'hypophosphatémie chez l'animal. En effet, JURG (2001) ainsi que WILLIAMSON et PAYNE (1975) ont cité le pica comme une manifestation de la carence en phosphore. Aussi, nous remarquons qu'au niveau de la station de Farako-Bâ où le problème de pica survient de façon répétitive, les vaches ont une phosphatémie moyenne, significativement différente de celle des vaches du milieu réel (avec $p < 0,05$). Toutefois, LAMAND *et al.* (1975) de même que l'INSTITUT DE L'ELEVAGE (1994 et 2000) ont présenté le pica comme un effet spécifique de la carence non pas en phosphore mais en Sodium. Ils ont également souligné qu'une carence durable en cuivre ou une forte carence en cobalt peuvent aussi conduire à ce phénomène pathologique.

Par ailleurs, les résultats montrent que 52,02 % des vaches ne présentant pas le pica, sont en hypophosphatémie.

Ces vaches peuvent être considérés comme étant en situation de carence infraclinique et le pourcentage confirme l'idée d'un apport global insuffisant de cet élément dans la ration alimentaire au niveau des élevages de Bobo-Dioulasso. Cette hypophosphatémie des vaches sans pica explique la différence non significative des concentrations moyennes des deux groupes (avec et sans pica). Ceci signifie qu'il y aurait un seuil ou une durée nécessaire de carence pour que le pica se manifeste.

2.4 Les résultats du dosage du magnésium

Nos résultats montrent un grand pourcentage des cas de déficiences en magnésium sur l'ensemble. En effet, 56,54 % des vaches sont en hypomagnésiémie. Cela serait d'origine alimentaire. Soulignons que les derniers prélèvements ont été faits lors des premières pluies de Mai et Juin dans la région de Bobo-Dioulasso. C'était donc, le moment de broutage des jeunes repousses dominées par les graminées, ce qui peut justifier ces carences. AMAHORO (2005) en travaillant sur des vaches en fermes intensives a trouvé les mêmes proportions de carences sur des vaches laitières dans la zone périurbaines de Dakar.

Les résultats montrent aussi que la magnésiémie moyenne des vaches ayant exprimé le pica n'est pas significativement différente de celle des vaches n'ayant pas exprimé le pica ($P > 0,05$). Par ailleurs, ils montrent que les magnésiémies des mâles et des femelles, comme celles des génisses et des vaches ayant vêlé diffèrent significativement. Ceci concorde avec la constatation de SAWADOGO (1998) qui mentionne que les effets du sexe et de l'âge sur la magnésiémie sont très modérés, même s'ils sont statistiquement significatifs ($p < 0,05$).

Enfin, les écart-types calculés montrent que les distributions des concentrations de magnésium dans les différentes catégories des vaches sont moins dispersées par rapport à celles des concentrations en calcium et en phosphore. Ceci peut expliquer que la déficience en magnésium concernerait toutes les vaches alors que les déficiences en calcium et en phosphore seraient plus accentuées chez certaines vaches.

2.5. Les résultats du dosage du calcium

Les résultats du dosage du calcium montre 36,88 % des vaches concernées par notre étude sont en état d'hypocalcémie. Celle-ci est souvent observée chez les vaches en fin de gestation et en début de lactation en raison d'une forte exportation du calcium vers le veau et le lait. Cependant, la cause d'une alimentation déséquilibrée n'est pas à exclure. En effet, les règles de rationnement des vaches sont mal maîtrisées voire coûteuses chez la plupart des éleveurs. L'hypocalcémie peut aussi résulter d'une hypoparathyroïdie primaire ou secondaire et une déficience en vitamine D.

Nous observons que les moyennes de la calcémie des vaches avec le pica et des vaches sans pica ne diffèrent pas significativement ($p < 0,05$). Le pica ne peut donc, pas être un indicateur de la variation de la calcémie. Par ailleurs, nous remarquons que, comme au niveau de la phosphatémie, la moyenne de la calcémie des vaches de la station de Farako-Bâ diffère significativement de celle de la calcémie des vaches en milieu réel ($p < 0,05$). Cela serait dû à une différence d'alimentation minérale apportée aux animaux.

Aussi, nous constatons que la moyenne de la calcémie des génisses n'est pas significativement différente de celle des vaches ayant vêlé. Ce résultat ne concorde pas avec celui de FRIOT et CALVET (1971) qui ont trouvé que la calcémie des jeunes est supérieure à celle des adultes.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Les déficiences minérales chez les animaux passent souvent inaperçues. Elles peuvent cependant, se manifester par des signes exceptionnels et attirer par conséquent, l'attention de l'éleveur. C'est le cas du pica. Ce phénomène a été observé au niveau de certains élevages bovins à la périphérie de la ville de Bobo-Dioulasso, au Burkina-Faso. L'objectif général de notre travail était de rechercher une solution à ce problème et cela a nécessité la mise au point d'un protocole permettant d'évaluer les déficiences minérales au niveau de ces élevages. Spécifiquement, il s'agissait :

- D'évaluer l'état nutritionnel minéral des vaches ayant exprimé le pica.
- D'évaluer l'état nutritionnel minéral des vaches sensibles : les vaches en péripartum et les jeunes en croissance.
- De déterminer la proportion des cas de carences minérales infracliniques.

Au total, l'étude a porté sur 120 animaux issus de la ferme de la station de Farako-Bâ et des élevages situés dans un rayon de 25 Km autour de la ville de Bobo-Dioulasso. Les échantillons de sang ont été recueillis sur une période de 4 mois. Ils ont été traités et conservés au laboratoire du CIRDES, à Bobo-Dioulasso et analysés au laboratoire de Biochimie de l'EISMV. Les résultats montrent que la phosphatémie moyenne des vaches ayant manifesté le pica ne diffère pas significativement de la phosphatémie moyenne des vaches n'ayant pas exprimé le pica ($p < 0,05$). Cependant, 65,85 % des vaches présentant le pica, étaient en hypophosphatémie. Ce résultat renforce l'observation des auteurs qui ont cité le pica parmi les manifestations d'une déficience en phosphore. Au niveau de la ferme de la station de Farako-Bâ où le pica survient de façon répétitive, la concentration moyenne du phosphore des vaches, est de $1,83 \pm 0,85$ mmol/l alors qu'elle est de $2,26 \pm 0,89$ mmol/l chez les vaches du milieu réel. Ces deux moyennes diffèrent significativement ($p < 0,05$).

La déficience en phosphore est plus importante au niveau de cette station que dans les autres élevages environnants. Par ailleurs, les résultats montrent que les magnésiémies des mâles et des femelles, comme celles des génisses et des vaches ayant vêlé diffèrent significativement. Ceci concorde avec la constatation de SAWADOGO G.(1998) qui a rapporté que les effets du sexe et de l'âge sur la magnésiémie sont très modérés, même s'ils sont statistiquement significatifs ($p < 0,05$). Nous avons noté aussi que la calcémie moyenne des vaches ayant exprimé le pica n'est pas significativement différente de celle des vaches n'ayant pas exprimé le pica ($p < 0,05$). Les résultats révèlent également que les déficiences globales en phosphore, en calcium et en magnésium sont dans les proportions respectives de 54,21%, 36,88 % et 56,54 %. Les teneurs de la ration en minéraux ne couvrent donc pas les besoins des vaches dans les élevages étudiés. En effet, le disponible fourrager n'est suffisant que durant la moitié de l'année, à la suite de quoi, il diminue rapidement pendant la saison sèche. Pour corriger ces carences minérales, nous recommandons aux éleveurs la pratique de la complémentation minérale qui est quasiment inexistante au niveau de la plupart des élevages. Cependant, une bonne complémentation dépend de l'exactitude des analyses d'aliments qui permet de connaître la quantité précise d'éléments qu'ils renferment et de déterminer le supplément adéquat pour une diète équilibrée. En effet, la quantité de minéraux à ajouter est calculée à partir des besoins totaux et de la portion fournie par l'aliment. Ensuite, la quantité et le type du produit minéral sont déterminés à partir de la quantité requise et des pourcentages des éléments minéraux qui composent ce produit. Ces calculs permettent d'abaisser le coût de la complémentation car ils donnent la quantité qui doit être mise à la disposition de la vache pour couvrir ses besoins, sans les excéder. Le moyen par lequel le produit minéral peut être servi dépend principalement de sa forme de présentation, de la garde, de la technique d'affouragement et de la ration. L'apport quotidien à l'auge, en mélange avec le concentré, représente une bonne solution. La distribution en libre service dans des récipients spéciaux ou par le bac à lécher par exemple, représente dans certains systèmes de garde la seule possibilité de complémentation. Toutefois, avec cette technique, un sous-/sur approvisionnement est possible.

En ce qui concerne le phosphore dont la concentration sanguine est faible chez les animaux ayant le pica, il est souvent fourni en complémentation animale sous forme de phosphates : le phosphate bicalcique (contenant environ 180 g/ kg de phosphore), le phosphate monocalcique (contenant 210-220 g/kg de phosphore) et le phosphate monobicalcique (qui est composé des deux précédents en proportions variables).

Pour le magnésium et le calcium, les déficiences devraient être corrigées en ajoutant des quantités supplémentaires d'éléments minéraux spécifiques au mélange de grains ou au mélange de minéraux.

Vu les différents points explorés dans ce travail, l'adoption de nouvelles stratégies de rationnement des animaux, permettrait, à notre avis, d'améliorer l'état nutritionnel minéral au niveau des élevages périurbains de Bobo-Dioulasso surtout pendant les périodes de faible productivité des pâturages naturels et réduire par conséquent, l'incidence du pica.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL, 1991.

A reappraisal of calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. *Nutr. Abstr. Rev. (Series B)*, **61**: 573-612

2. AGENCE FRANCAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS, 2005.

Résumé de l'avis du groupe scientifique FEEDAP sur l'utilisation du silicate de sodium et d'aluminium synthétique (zéolite) pour la réduction des risques de fièvre vitulaire chez la vache laitière. -Paris : AFSSA

3. AITKEN F.C., 1979.

Sodium and potassium nutrition of mammals. *Tech.Comm.* **26**

4. AMAHORO E., 2005

Contribution à l'étude du profil métabolique des vaches laitières dans les fermes laitières intensives périurbaines de Dakar (Cas des fermes de Wayembam et de Niacoulrab). Dakar : Thèse Méd. Vét .

5. AMBASSADE DU BURKINA FASO AU CANADA, 2006

Géographie du Burkina Faso. [En ligne]: Accès Internet: <http://www.ambaburkina-canada.org>. (Page consultée en Novembre 2006).

6. ANDREWS N.C., 1999

Disorders of iron metabolism. *N Engl J Med* ; **341**: 1986-1995.

7. BLAIN J.C., 2002

Introduction à la nutrition des animaux domestiques. -Paris : Ed. TEC et DOC.- 424p.

8. BURKINA FASO: MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES, 2004

Deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel. (ENEC II).

Résultats et analyses. – Ouagadougou : MRA.

9. BURKINA FASO : PRIMATURE, 2006.

Le climat du Burkina-Faso. [En ligne]: Accès Internet: <http://www.primature.gov.bf>.

(Page consultée en Novembre 2006)

10. CARE A. D.; BARLET J. P. et ABDEL-HAFEEZ H. M., 1980.

Calcium and phosphate homeostasis. In: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. - Lancaster : MTP Press Limited .- 429-446.

11. COPPCOK C.E, 1986.

Mineral utilization by lactating cow-chlorine. *J.Diary Sci*; **69**:595-603.

12. CENTRE DE REFERENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUEBEC, 2003

Nutrition, alimentation et reproduction.

In : Symposium sur les bovins laitiers ; Hôtel des Seigneurs Sainte Hyacinthe, Canada.-46p.

13. CENTRE DE REFERENCE EN AGRICULTURE E AGROALIMENTAIRE DU QUEBEC, 2003

De fibres et d'eau fraîche...In : Symposium sur les bovins laitiers. Canada.

14. DELMAS P. D., 1995

Biochemical markers of bone turnover. *Acta Orthop. Scand*, **66** (Suppl. 266): 176-182.

15. ERIC LEONARD, 2001

Bœuf Qualité Plus - Printemps.

Disponible sur E:\19Éléments de référence.htm. (Page consultée en Novembre 2006)

16. F. MESCHY F. et CORRIAS R, 2005.

Recommandations d'apport alimentaire en calcium et magnésium absorbables pour les ruminants. *Renc. Rech. Ruminants.*- 221-224p.

17. FETTMAN M.J.; CHASE L.E.; BENTINCK-SMITH; COPPCOK C.E. et ZINN S.A., 1984

Nutritional chloride deficiency in early lactation Holstein cows. *J.Diary Sci.*; **67**:2321-2335.

18. FRIOT D. et CALVET H., 1971

Etudes complémentaires des carences minérales rencontrées dans les troupeaux du nord Sénégal. *Rev.Elev. Méd. Vét.Pays trop.* , **24** (3) : 393-407.

19. FRIOT D. et CALVET H., 1993

Biochimie et élevage au Sénégal : *Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop*, **26**(4):75-98

20. GIRARD V., 2001

Importance de la régie du troupeau dans le bilan de surface des exploitations agricoles.-17p. In : Colloque en agroenvironnement. Canada.

21. GOFF, J.P. et HORST R.L., 1997

Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations on milk fever in dairy cows. *J Dairy Sci*; **80**:176.

22. GOFF J.P. et HORST R.L., 2003

Role of acid-base physiology on the pathogenesis of parturient hypocalcemia (milk fever) - the DCAD theory in principal and practice. *Acta Vet Scand Suppl.*; **97**: 51-66.

23. GOFF, J.P.; HORST R.L. et REINHARDT T.A., 1997

Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci* ; **80**:1269-1280

24. GOFF, J.P.; R.L. HORST; P. W. JARDON; C. BORELLI et J. WEDAM, 1996.

Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*; **79**:378.

25. GRÜNFELD J.P., 1994

Dictionnaire de médecine Flammarion.- 5e éd.- Paris : Flammarion. - 1010p.

26. GUEGUEN L. ; DURAND M. et MESCHY F., 1987

Bulletin Technique du Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires. Theix. INRA; **70**, 105-112

27. GUEGEUN L. ; LAMAND M. et MESCHY F., 1969

Mineral requirements. - 49-56 p. In: Ruminant nutrition.-Paris: Ed. INRA

28. HIGNETT S.L. et HIGNETT P.G., 1951

The influence of nutrition on reproductive efficiency in cattle. The role of calcium and phosphorus intake on fertility of cows. *Vet Rec*; **63**:603-609

29. INSTITUT DE L'ELEVAGE, 1994

Maladies des bovins. - 2ème Ed.- Paris : Editions France Agricole. – 153p.

30. INSTITUT DE L'ELEVAGE, 2000.

Maladies des bovins. - 3ème Ed.- Paris : Editions France Agricole. – 540p.

31. JÜRIG KESSLER, 2001.

L'alimentation minérale de la vache laitière en bref. -Ed ; Station fédérale de recherches en production animale. (RAP).-3p.

32. LAMAND et al., 1975

Symptômes des carences en oligo-éléments chez les ruminants. *L'élevage bovin* : **12**.

33. LEFEBVRE D. ; ALLARD B. ;BLOCK E. et SANCHEZ W.K., 1999.

L'alimentation en période de transition : la clé d'une lactation profitable.- 23p.

In : Symposium sur les bovins laitiers.

34. LIESEGANG A.; EICHER R.; KRAENZLIN M.; RÜSCH P.; WANNER M. et RIOND J.L., 1998.

Bestimmung von Knochenmarkern bei Milchkuhen mit Gebärfähigkeit. *Schweiz. Arch. Tierheilk*; **140**: 405-411.

35. LITLEDIKE E. T.; WHIPP S. C.; WITZEL D. A. et BAETZ A. L., 1970

Insulin, corticoids, and parturient paresis.- New York : Academic Press.

36. LOMBA F. ; PAQUAY R. ; BIENFET V. et LOUSSE A., 1969.

Statistical research on the fate. *J Agric Sci (Camb)*; **73**: 215-227.

37. LOPEZ H.; WU Z.; CEREL R.; SATTER L.D. et WILTBANK C., 2001.

Effect of dietary phosphorus concentration on oestrus behaviour of lactating dairy cows. *J.Anim.Sci.(Suppl.1)*; **79**: 291

38. MARTENS H. et SCHWEIGEL M., 2003.

Influence of potassium on Mg-and Ca- metabolism in cows: effects of scientific Research. *Schweiz Arch. Tierheilkkd, Déc*; **145**: 577-583

39. MARTENS H.; LEONHARD S. et GABEL G., 1991

Minerals and digestion. In: Rumen microbial metabolism and ruminant digestion.- Paris: INRA Ed., :199-216.

40. MESSERSCHMITT P., 1990

Guide médical. Conseils pratiques.-Paris: Alpha; 7: 813p.

41. MORSE D.; HEAD H. H.; WILCOX C. J.; VAN HORN H. H.; HISSEN C. D. et HARRIS B. , 1992.

Effects of concentration of dietary phosphorus on amount and route of excretion. *J Dairy Sci*; **75** : 3039-3049.

42. NATIONAL RESEARCH COUNCIL., 2001

Nutrient requirements of dairy cattle. -7th re.ed. Washington: National Academy of Science. - 340p.

43. NEATHERY M.W.; BLACKSON D.M., MILLER W.J.; HEINMILLER S.; MC GUIRE S.; TARABULA J.M.; GENTRY R.P. et ALLEN J.C., 1981.

Chloride deficiency in Holstein calves from a low chloride diet and removal abomasal contents. *J.Diary Sci.*; **64**:2220-2233.

44. NELSON A.B. et al., 1955

Effect of a high salt intake on the digestibility of ration constituents and on nitrogen, sodium and chloride retention by steers and wethers. *J.Anim, Sci*, **14**: 825-830.

45. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996.

Nutrient Requirements of Beef Cattle. – Washington : *National Academy Press*. -67p.

46. OCDE et FAO, 2006

Les perspectives agricoles. [En ligne]

Disponible sur <http://www.fao.org/docrep/009/j7927/j7927f12.htm>. (Page consultée en Novembre 2006).

47. ODETTE O., 2005.

Grass tetany in a herd of beef cows. *Can vet ,J* :732-734

48. OUEDRAOGO K., 2001

L'étude prospective du secteur forestier en Afrique Burkina Faso. - Rome: Forestry Sector Outlook Studies. - 39p.

49. PARAGON B.M., 1983.

Qualité alimentaire et fécondité chez la génisse et la vache adulte. *Bulletin des G.T.V.*; **91**: 39-52.

50. PARAGON B.M., 1984.

L'alimentation minérale de la vache laitière. – Maisons d'Alfort : ENV. - 67p.

51. PICKE R.L. et BROWN M.L., 1975

Nutrition: An integrated approach. -2. Second Ed. - New York: Wiley Publishers. – 86p.

52. RAISONNIER A., 2004

Biochimie métabolique et Régulations. Université Paris-VI : 108-115 [En ligne].

Accès Internet : <http://www.Chups.jussien.fr>

53. RANDAL W.E.; HEMEKEN R.W.; BULL L.S. et DOUGLASS L.W., 1974.

Effects of dietary sodium and potassium on udder oedema in Holsteins heifers. *J.Diary Sci.*; **57**: 472-475.

54. RAPHAEL P., 2001.

Alimentation minérale et vitaminique. *TORO*; 20-21.

55. RISTELI L et RISTELI J., 1993

Biochemical markers of bone metabolism. *Ann. Med.* ; **25**: 385-393.

56. ROGER W., 1997

Alimentation de la vache laitière. - 3è Ed.- Paris: Editions France Agricole . - 264p.

57. SATTER L.D et WU Z, 1999.

Phosphorus nutrition of dairy cattle. What's new? Cornell Nutrition Conference;
61:72-80.

58. SAWADOGO G.J. et THOUVENOT J.P., 1987

Enzymes, principaux constituants minéraux et organiques sériques chez le zébu Gobra du Sénégal (effet de l'âge et du sexe) *Rév. Méd. Vét. Pays tropicaux* , **138**, (5) :443-445

59. SAWADOGO G.J., 1998.

Contribution à l'étude des conséquences nutritionnelles sub-sahéliennes sur la biologie du Zébu Gobra au Sénégal. Thèse, Institut National Polytechnique : Toulouse.

60. SERIEYS F., 1997

Le tarissement des vaches laitières. – Paris : Editions France agricole. - 224p.

61. SEYMOUR J. et KLEBANOFF J., 1967

Iodination of bacteria: a bactericidal mechanism, *J.Exp. Med*; **126**: 1063-1078

62. SHEARER J.K. et VAN HORN H.H., 1992

Metabolic diseases of dairy cattle; 358-372. In: Large Dairy Herd Management, eds. H.H. Van Horn and C.J. Wilcox, Champaign.

63. STOOP W., 1979

Cereal-based intercropping systems for the West African semi-arid tropics, particularly Upper Volta. Proceedings of the international workshop on intercropping. Hyderabad, INDIA.

64. TODD J.R., 1969

Metabolism magnesium in ruminants: Review of current knowledge. In: Trace minerals studies with isotopes in domestic animals. Vienna International Atomic Energy Agency; p.131-140.

65. TRAN G. et SKIBA F., 2005

Variabilité inter et intra matière première de la teneur en phosphore total et phytique et de l'activité phytasique. *INRA Productions Animales*; **18** (3), 159-168

66. TREMBLAY A., 2007

Les dessus et les dessous du profil métabolique chez les bovins laitiers. Université de Montréal. [En ligne]. Accès Internet: <http://www.agrireseau.qc.ca>.

67. UNDERWOOD E.J., 1981

Mineral nutrition of livestock.- London. CAB Edition, England.-180p.

68. WATTIAUX M.A., 1997

Essentiels laitiers.- Madison: université de Wisconsin; 140p.

69. WACKER W.E.L., 1969

The biochemistry of magnesium. *Annals of the New York Academy of Sciences*; **162**: 717-726.

70. WIKIPEDIA, 2006

Géographie du Burkina Faso. [En ligne]: Accès Internet: <http://www.Wikipedia.com> (Page consultée en Novembre 2006)

71. WILLIAMSON et PAYNE, 1975

Introduction to animal husbandry in the tropics. - 3^{ème} éd.- Londres; New York, p76-77.

72. WU Z.; SATTER L.D.; BLOHWIAK A.J.; STAUFFACHER R.H. et WILSON J.H., 2001

Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three ; *J. Dairy Sci* **84**: 1738-1748 years.

73. WU Z. ; SATTER L.D. et SOJO R., 2000.

Milk production, reproduction performance and faecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *J.Dairy Sci*,; **83**: 1028-1041.

74. www.mapsofworld.com

Carte du Burkina-Faso. (Page consultée en Mars 2007).

75. YANO F. ; YANO, H. et BREVES G., 1991.

Calcium and Phosphorus Metabolism in Ruminant. Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants: Proceedings of the seventh International Symposium on Ruminant Physiology. Tsuda, T., Sasaki, Y. et R. Kawashima. - San Diego : Academic Press.

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

Fidèlement attaché aux directives de **Claude Bourgelat**, fondateur de l'Enseignement Vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes maîtres et mes aînés :

- D'avoir en tout moment et en tout lieu le souci de la dignité et de l'honneur de la profession vétérinaire ;

- D'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code de déontologie de mon pays ;

- De prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire ;

- De ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

Que toute confiance me soit retirée, s'il advient que je me parjure.

**EVALUATION DES DEFICIENCES MINERALES DANS LES
ELEVAGES BOVINS EN PERIPHERIE DE LA VILLE DE BOBO-
DIOULASSO, AU BURKINA FASO.**

Résumé :

Cette étude a été initiée suite au problème de pica qui survenait de façon répétitive au niveau des élevages bovins périurbains de Bobo-Dioulasso. Elle a porté sur 120 vaches issues de la station expérimentale de Farakô-Ba et des élevages environnants situés dans un rayon de 25 km. Les objectifs spécifiques étaient d'évaluer l'état nutritionnel minéral des vaches ayant exprimé le pica, d'évaluer l'état nutritionnel minéral chez les vaches en croissance et les vaches en péripartum et de déterminer enfin, les proportions des déficiences infracliniques. Le travail de laboratoire a consisté en dosage par les méthodes spectrophotométriques, du phosphore, du magnésium et du calcium. Les valeurs de référence établies chez les zébus d'Afrique par SAWADOGO G. (1998) ont été utilisées pour classer les animaux suivant leurs concentrations en ces minéraux. Les résultats ont montré que 65,85 % des vaches présentant le pica, étaient en hypophosphatémie. Ce résultat renforce l'observation des auteurs qui ont cité le pica parmi les manifestations d'une déficience en phosphore. Les déficiences globales en phosphore, en calcium et en magnésium étaient dans les proportions respectives de 54,21%, 36,88 % et 56,54 %. Par ailleurs, cette même étude a montré que les magnésiémies des mâles et des femelles, comme celles des génisses et des femelles adultes diffèrent significativement ($p < 0,05$). Après avoir analysé les résultats, nous suggérons une amélioration systématique de l'alimentation minérale des vaches pour soutenir leur statut nutritionnel surtout pendant les périodes de faible productivité des pâturages naturels et par conséquent, réduire l'incidence du pica.

Mots-clés : Minéraux, pica, déficiences.

Adresse : HABUMUREMYI Sosthène

Email : hsosthene@hotmail.com Tél : 0025008674536 B.P.45 Ruhengeri - RWANDA