

# Sommaire

## PATHOLOGIE PARASITAIRE

**5-12**      **Transmission concomitante de trypanosomose humaine et animale : le foyer de Mandoul au Tchad.** Peka Mallaye, Kohagne Tongué L., Ndeledje N., Louis F.J., Mahamat Hassane H. (*en français*)

## RESSOURCES ALIMENTAIRES

**13-21**      **Prix et qualité des aliments du bétail dans les marchés périurbains du Sahel Ouest africain : étude de cas à Bamako, Mali.** Ayantunde A.A., Blummel M., Grings E., Duncan A.J. (*en anglais*)

## RESSOURCES ANIMALES

**23-33**      **Effets de la substitution des graines torréfiées de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (*Vigna unguiculata*) et du niveau de protéines alimentaires sur les performances zootechniques et la rentabilité économique de l'élevage de poulets de race locale (*Gallus gallus*) au Burkina Faso.** Ouattara S., Bougouma-Yameogo V.M.C., Nianogo A.J., Ouedraogo H. (*en français*)

**35-39**      **Ochratoxine A dans les aliments, les fluides et les tissus de volaille en Algérie.** Mohammedi D., Mohammedi S. (*en français*)

**41-47**      **Traitements à base de progestagènes ou de mélatonine combinés à l'effet bélier chez la brebis Ouled-Djellal au printemps.** Moumene A., Khammar F., Miroud K., Seboussi R., Guedaoura S., Bister J.L. (*en français*)

# Contents

## PARASITIC DISEASES

**5-12 Concomitant transmission of human and animal trypanosomoses: Mandoul focus in Chad.** Peka Mallaye, Kohagne Tongué L., Ndeledje N., Louis F.J., Mahamat Hassane H. (*in French*)

## FEED RESOURCES

**13-21 Price and quality of livestock feeds in suburban markets of West Africa's Sahel: Case study from Bamako, Mali.** Ayantunde A.A., Blummel M., Grings E., Duncan A.J. (*in English*)

## ANIMAL RESOURCES

**23-33 Effects of substituting roasted soybean (*Glycine max*) seeds by those of cowpea (*Vigna unguiculata*), and of the protein level in the diet, on growth performance and profitability of local-breed chickens (*Gallus gallus*) in Burkina Faso.** Ouattara S., Bougouma-Yameogo V.M.C., Nianogo A.J., Ouedraogo H. (*in French*)

**35-39 Ochratoxin A in feeds, fluids and tissues of poultry in Algeria.** Mohammedi D., Mohammedi S. (*in French*)

**41-47 Progestagen- or melatonin-based treatments combined with ram effect in Algerian ewes in spring.** Moumene A., Khammar F., Miroud K., Seboussi R., Guedaoura S., Bister J.L. (*in French*)

# Sumario

## PATOLOGIA PARASITARIA

**5-12 Transmisión concomitante de tripanosomosis humana y animal: el foco de Mandoul, Chad.** Peka Mallaye, Kohagne Tongué L., Ndeledje N., Louis F.J., Mahamat Hassane H. (*en francés*)

## RECURSOS ALIMENTICIOS

**13-21 Precio y calidad de alimento para ganado en mercados suburbanos en el Sahel de África del Oeste: Análisis de un caso en Bamako, Malí.** Ayantunde A.A., Blummel M., Grings E., Duncan A.J. (*en inglés*)

## RECURSOS ANIMALES

**23-33 Efectos de la sustitución de granos torreficados de soya (*Glycine max*) por los de caupí (*Vigna unguiculata*) y del nivel de proteínas alimenticias sobre los rendimientos zootécnicos y la rentabilidad económica de la cría de pollos de raza local (*Gallus gallus*) en Burkina Faso.** Ouattara S., Bougouma-Yameogo V.M.C., Nianogo A.J., Ouedraogo H. (*en francés*)

**35-39 Ocratoxina A en los alimentos, los fluidos y los tejidos de aves en Argelia.** Mohammedi D., Mohammedi S. (*en francés*)

**41-47 Tratamientos a base de progestágenos o de melatonina combinados con el efecto carnero en la oveja Ouled-Djellal durante la primavera.** Moumene A., Khammar F., Miroud K., Seboussi R., Guedaoura S., Bister J.L. (*en francés*)



# Transmission concomitante de trypanosomose humaine et animale : le foyer de Mandoul au Tchad

Peka Mallaye<sup>1</sup> L. Kohagne Tongué<sup>2,3\*</sup> N. Ndeledje<sup>4</sup>  
F.J. Louis<sup>5</sup> H. Mahamat Hassane<sup>3</sup>

## Mots-clés

Maladie de l'homme – Maladie des animaux – Trypanosomose africaine – Glossinidae – Stomoxiinae – Tabanidae – Epidémie – Tchad.

## Résumé

La trypanosomose est une maladie qui affecte à la fois l'homme et les animaux. Elle est provoquée par *Trypanosoma* sp. et cycliquement transmise par un vecteur, la glossine. Bien que cette maladie soit essentiellement endémique dans l'aire de distribution de son vecteur, les zones endémiques qui présentent une transmission active des deux types de la maladie ont rarement été décrites. Dans la présente étude, des enquêtes épidémiologique et entomologique ont été menées, puis les échantillons obtenus ont été analysés par la technique d'amplification en chaîne par polymérase (PCR). Au total, 13 410 personnes ont été examinées et 132 cas diagnostiqués. L'examen de 144 bovins par PCR a révélé l'infection de 33 d'entre eux, soit par *Trypanosoma brucei* (39 p. 100 des infections), soit par *T. vivax* (55 p. 100 des infections), soit par une coïnfection (deux animaux). Trois familles d'insectes (Glossinidae, Stomoxiinae et Tabanidae) ont été capturées à des densités variables. *Glossina fuscipes fuscipes* a été capturée uniquement dans la partie sud du foyer et la plus forte densité apparente (DAP = 0,56 glossine/piège/jour) a été observée dans la forêt galerie bordant les villages où a été diagnostiqué le plus grand nombre de malades. Les Tabanidae ont été présentes dans toutes les zones prospectées mais la plus forte densité (DAP = 15,55 tabanidés/piège/jour) a été observée dans la partie nord du foyer. Les stomoxes ont été absents de la zone prospectée la plus éloignée de la rivière. L'identification des trypanosomes chez l'homme et le bétail, et la présence du vecteur cyclique et des vecteurs mécaniques potentiels ont confirmé l'endémie de trypanosomose animale et humaine dans ce foyer. Seule une stratégie globale d'élimination permettrait de la contrôler durablement.

## INTRODUCTION

La trypanosomose est une maladie parasitaire provoquée par un protozoaire flagellé sanguicole exoerythrocytaire appelé trypanosome, du genre *Trypanosoma* sp. (Kinetoplastida : Trypanosomatidea). Diverses espèces et sous-espèces de trypanosomes sont

responsables de cette maladie chez les vertébrés : chez l'homme, on parle de trypanosomiase ou trypanosomose humaine africaine (THA), et chez les animaux on parle de trypanosomose animale africaine (TAA). La trypanosomose de façon générale (THA, TAA) est une maladie à transmission vectorielle dont le vecteur cyclique est la glossine ou mouche tsé-tsé, du genre *Glossina* (Diptera : Glossinidae).

La forme humaine sévit exclusivement en Afrique dans l'aire de distribution des glossines. Cependant, la présence de glossines n'induit pas forcément celle de la THA. La maladie est présente essentiellement dans des zones géographiques bien circonscrites appelées foyers où cohabitent le vecteur, le parasite et l'homme. Environ 250 foyers (6) ont été répertoriés à ce jour mais tous ne présentent pas la même intensité de transmission. La transmission de la maladie varie d'un pays à l'autre et, au sein d'un même pays, d'un foyer à l'autre (6), notamment en ce qui concerne la forme due à *T. brucei gambiense*. Certains foyers ont une intensité de transmission élevée. Ce

1. Programme de lutte contre la trypanosomiase humaine africaine du Tchad, Moundou, Tchad.
2. Association pour la promotion de la lutte contre les parasitoses, Yaoundé, Cameroun.
3. Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign, Addis Ababa, Ethiopia.
4. Ministère de la Recherche, N'Djaména, Tchad.
5. Association against trypanosomiasis in Africa, Lavans-Saint Lupicin, France.

\* Auteur pour la correspondance

Tél. : +237 22 10 38 49

E-mail : lisetteappmv@yahoo.fr; aplp\_contact@yahoo.fr

sont les foyers rapportant une moyenne annuelle d'au moins un nouveau cas pour 1 000 habitants. D'autres ont une intensité de transmission modérée (au moins un nouveau cas pour 10 000 habitants mais moins d'un nouveau cas pour 1 000 habitants), d'autres encore une faible intensité de transmission (un nouveau cas pour 1 000 000 habitants mais moins d'un nouveau cas pour 10 000 habitants (39). La transmission de la trypanosomose est en effet intimement liée à la fréquence du contact entre l'hôte et le vecteur.

Dans la forme animale, cette transmission active peut être renforcée par une transmission mécanique assurée par des Stomoxiinae, des Tabanidae et quelques Hippoboscidae (11) qui maintiennent l'incidence de la maladie, même dans des aires dépourvues de glossines (41). Alors que l'intensité de la transmission cyclique de la trypanosomose n'est pas absolument liée à la densité du vecteur cyclique qu'est la glossine, celle de la transmission mécanique est étroitement liée à la densité des vecteurs, à la proximité et à l'abondance numérique du cheptel dans une aire donnée, et à la parasitémie (11).

Bien que la trypanosomose soit endémique en Afrique, il a rarement été rapporté des aires de transmission active où cohabitent la forme humaine et la forme animale de la maladie. Nous décrivons ici la situation épidémiologique du foyer de Mandoul au Tchad.

■ MATERIEL ET METHODES

**Zone d'étude**

Anciennement appelé foyer de Bodo (8° 17' 08" de lat. N et 17° 08' 22" de long. E), le foyer de THA de Mandoul est localisé au sud du Tchad, à 50 km de la ville de Doba et à 150 km de Moundou, la capitale économique du Tchad. Il doit son nom à sa

position à cheval sur la rivière semi-permanente dénommée Mandoul qui parcourt le sud du Tchad pour se jeter dans le Logone.

C'est en 1928 que, pour la première fois, une épidémie de THA fut rapportée dans le canton de Bodo (5). Après des efforts continus de lutte dans tout le pays et particulièrement dans cette localité, la THA disparut quasiment de Bodo et même du Tchad dans les années 1960 (32). La maladie redevint active de façon officielle après plus de quarante années de silence en 1993, avec 201 malades diagnostiqués (prévalence de 4,61 p. 100) (F. Boyer, rapport d'évaluation épidémiologique, non publié). Ce n'est pourtant qu'à partir de 2002 que des actions de lutte coordonnées et efficaces ont été mises en œuvre par un programme de lutte restructuré, avec l'appui de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de l'Organisation de coordination pour la lutte contre les endémies en Afrique centrale (Oceac). Le foyer de Bodo (devenu Mandoul) est alors estimé couvrir une superficie de 15 km environ de large par 20 km de long (22). C'est une zone en perpétuelle expansion démographique et il est assez difficile d'y évaluer précisément le nombre de villages. Au moment de sa délimitation, il comptait 45 villages et campements : 30 sur la rive gauche de la rivière, 14 sur la rive droite, et un village, Solangar, sur une île au milieu de la rivière (23). Aujourd'hui, on estime à plus de 60 le nombre de villages que compte ce foyer avec une moyenne de 30 de chaque côté de la rivière, le village Solangar ayant, lui, disparu (figure 1). Le climat y est de type soudano-guinéen avec deux saisons : une saison des pluies de mai à septembre et une saison sèche d'octobre à avril. Les températures varient entre 22 et 38 °C et la pluviométrie moyenne annuelle est de 1 000 mm (25).

Le paysage est marqué par un seul type de végétation, la forêt galerie qui longe la rivière Mandoul. C'est une zone densément

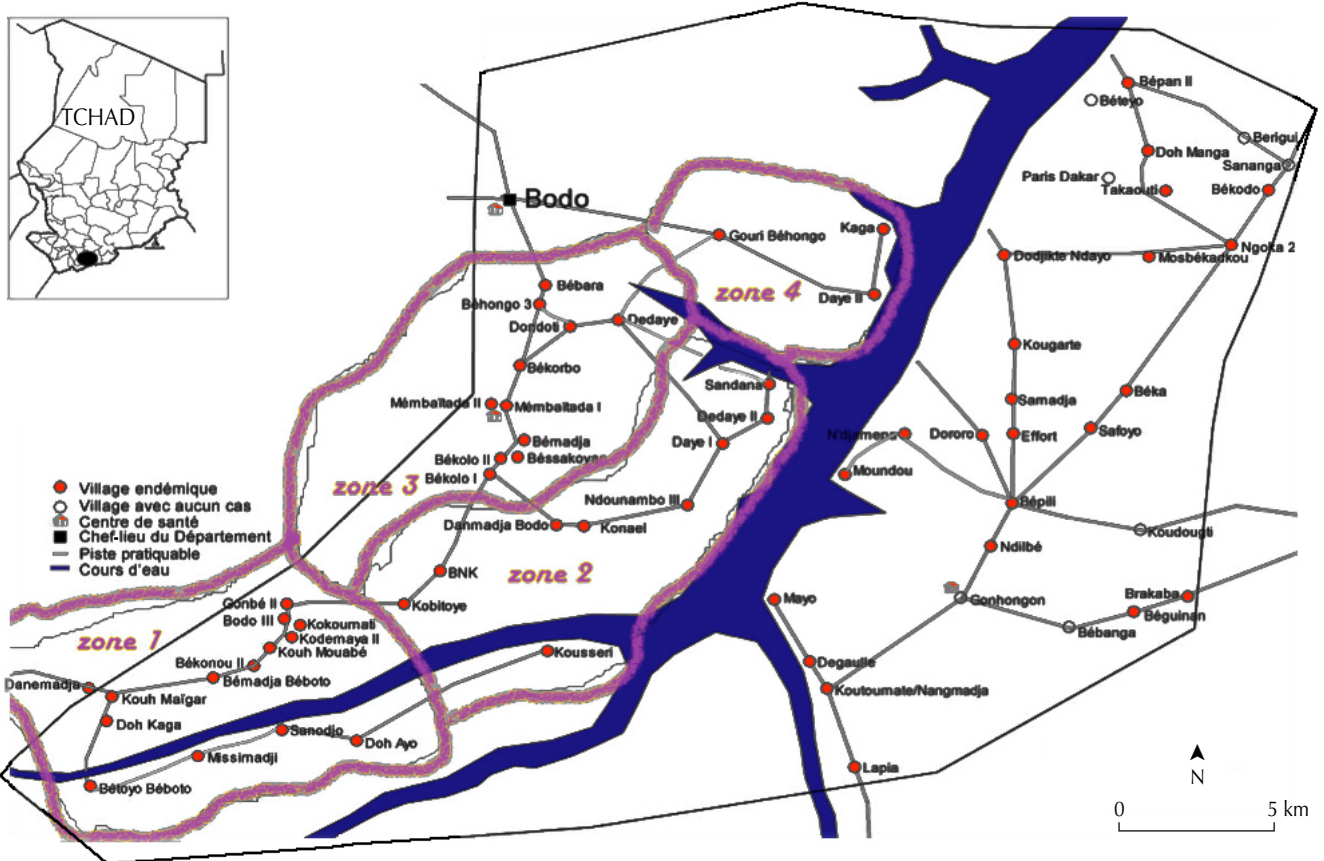


Figure 1 : les quatre zones prospectées du foyer de Mandoul au Tchad. Les villages endémiques et indemnes sont ceux identifiés en 2011, lors de l'élaboration de la carte.

peuplée, 9 habitants/km<sup>2</sup> en 2004, contre 0,2 habitant/km<sup>2</sup> dans le nord du Tchad (enquête Aquastat 2005 non publiée), en raison de la fertilité des sols proches de la rivière. Ainsi, de vastes champs de coton, de mil et de sésame surplombent la forêt galerie au-delà de laquelle sont construites les cases des villages. Cette population, constituée en majorité par l'ethnie Sara, pratique également un élevage extensif de bovins, d'ovins, de caprins et de porcins. En saison sèche, la rivière Mandoul asséchée dans sa partie nord offre une prairie à de nombreux éleveurs Bororos en transhumance.

L'enquête épidémiologique s'est inscrite au sein d'une campagne conjointe de prospection médicale et vétérinaire conduite au mois de novembre 2012.

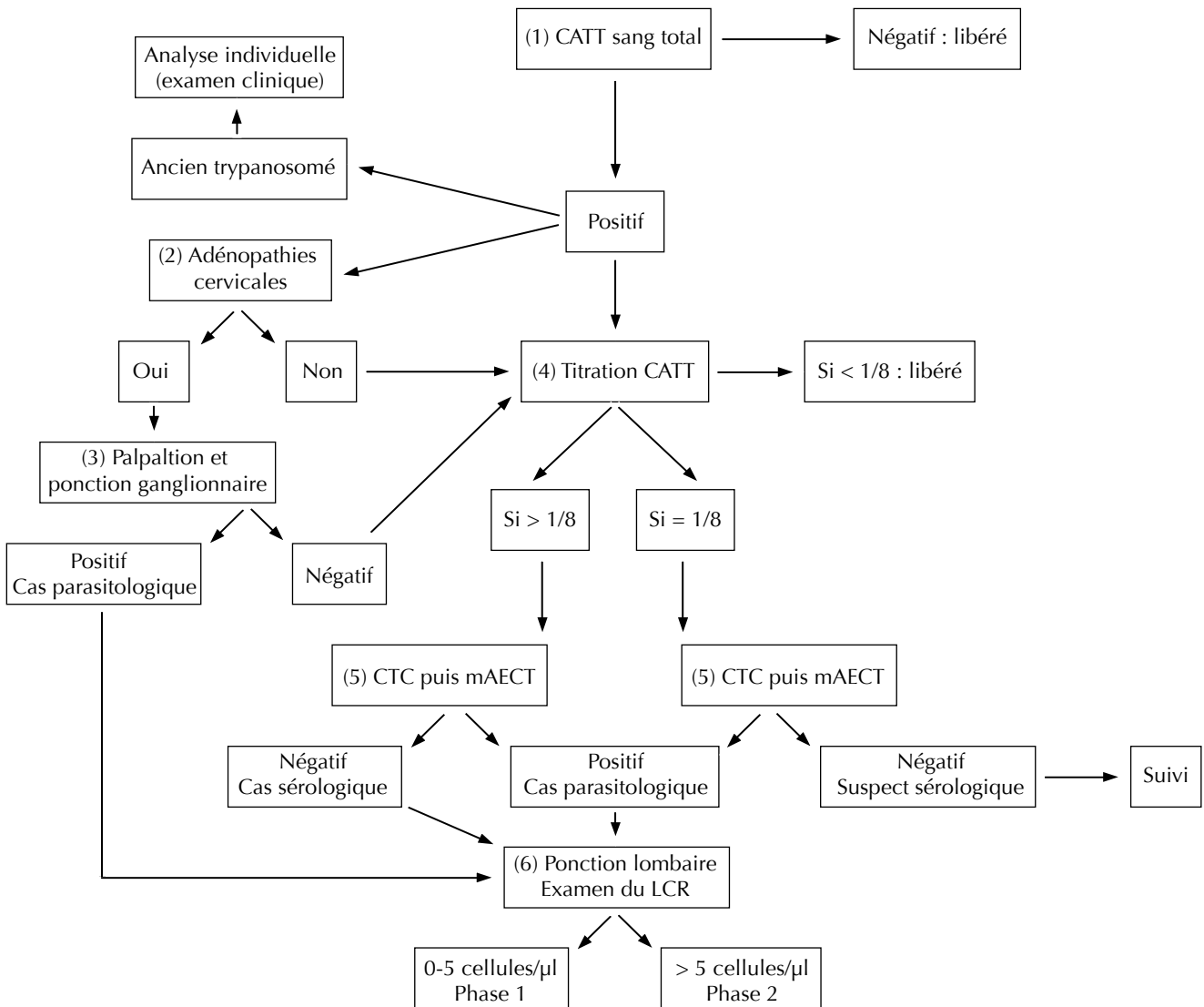
**Prospection médicale**

La campagne de dépistage actif a eu lieu du 9 au 23 novembre 2012 et a concerné 42 villages : 37 situés sur la rive gauche, dont 32 déjà répertoriés en 2011, et 5 villages nouvellement créés, puis 5 villages situés entre les deux premiers bras de la rivière, côté sud. Elle s'est déroulée après une sensibilisation des autorités et

des populations locales par l'équipe médicale. Tous les villages retenus ont été prospectés et la population, estimée à partir des prospections antérieures conduites annuellement depuis 2009, comportait 16 685 personnes.

La chaîne de dépistage a été organisée suivant le schéma décisionnel classique (figure 2) établi par l'OMS (40) mais modifié (19) afin de permettre d'examiner jusqu'à 1 500 personnes par jour. Ces modifications portent essentiellement sur le dédoublement des postes de secrétariat et de sérologie (*card agglutination test for trypanosomosis* [CATT] [24] sur sang total et CATT titration) que l'on place dans des villages voisins (si leur population est limitée) ou à deux extrémités d'un même village de population importante. Les anciens malades ont été ôtés de la chaîne (après le test CATT sur sang total suivi d'un questionnaire) dès leur identification. Les sujets positifs au CATT sur sérum à la titration 1/8 (négatifs à la titration 1/16) ont été libérés et considérés comme des suspects sérologiques. Seule la centrifugation en tubes capillaires a été utilisée pour l'examen parasitologique.

Tous les sujets positifs au moins à la titration 1/16 mais négatifs à la parasitologie (aucun trypanosome détecté) ont été reconnus



**Figure 2 :** chaîne de dépistage classique de la THA utilisée par le Programme national de lutte contre la trypanosomiase humaine africaine (PNLTHA) du Tchad  
 CATT : card agglutination test for trypanosomosis ; CATT<sub>WB</sub> = CATT sur sang total ; CTC = centrifugation en tube capillaire ; mAECT : minicolonne échangeuse d'ions

comme des cas sérologiques. Les cas sérologiques et parasitologiques (individus chez qui le trypanosome a été détecté) ont ensuite été mis sous traitement : pentamidine pour les malades en première phase, combinaison thérapeutique de nifurtimox et d'éflornithine (NECT) pour ceux en deuxième phase. La phase a été définie par la cytorachie : inférieure ou égale à cinq leucocytes par microlitre pour la phase lymphatico-sanguine (phase 1), supérieure à cinq leucocytes pour la phase méningo-encéphalitique (phase 2).

### Prospection vétérinaire

La prospection vétérinaire s'est déroulée du 15 au 30 novembre 2012 et n'a concerné que le bétail sédentaire des villages de la rive gauche, c'est-à-dire les villages ayant bénéficié de la prospection médicale. Avant la phase de prospection, les propriétaires de bovins ayant accepté de prendre part à l'enquête ont été conviés à répondre à un questionnaire regroupant entre autres des informations sur le nombre de têtes, la race, le poids, le sexe et l'âge des animaux composant leur cheptel respectif. Ces données ont ensuite été regroupées par sexe et par âge (stratification). Pour des raisons d'échantillonnage, la zone de l'étude a été subdivisée en quatre parties pendant la prospection : zone 1, zone 2, zone 3 et zone 4 (figure 1). Dans chacune des zones, les bovins ont été sélectionnés selon un échantillonnage stratifié (par âge et par sexe) aléatoire. Ils ont ensuite été examinés et quelques signes cliniques (par exemple larmolement, amaigrissement, fièvre, poil piqué, présence ou non d'hypertrophie ganglionnaire) ont été enregistrés.

Les prélèvements ont été effectués à la veine jugulaire dans des tubes héparinés de cinq millilitres. L'observation microscopique du sang entre lame et lamelle, réalisée dans les deux heures ayant suivi le prélèvement, a constitué le seul examen parasitologique effectué sur le terrain. La mesure de l'hématocrite a complété cette phase d'analyse. Le plasma a été récolté après centrifugation et imprégné sur papier Whatman® puis conservé pour l'identification ultérieure des espèces de trypanosomes.

### Enquête entomologique

L'enquête entomologique s'est également déroulée du 15 au 30 novembre 2012, dans les quatre zones de la rive gauche du foyer identifiées lors de l'enquête épidémiologique vétérinaire. Pour des raisons de logistique, cette enquête n'a couvert qu'un seul bras de la rivière, celui aux abords duquel étaient établis des villages dont certains s'étaient avérés endémiques de THA lors de la prospection médicale. Trois types de pièges ont été utilisés eu égard à la diversité des mouches ciblées : les pièges Vavoua (20) et biconique (7), efficaces surtout pour la capture des glossines, et le piège Nzi (28), efficace pour la capture des stomoxes et des tabanidés. Les sites de piégeage, éloignés les uns des autres de 100 à 150 m, ont été choisis sur la base de leurs caractéristiques environnementales favorables à la survie des glossines. Aucun piège n'a ainsi été posé à la lisière des villages où le couvert végétal était très faible. Dans chacun de ces sites, les trois types de pièges ont été posés à une distance de 2 à 5 m les uns des autres malgré l'interférence que pourrait occasionner ce rapprochement dans le calcul de la densité des glossines. L'objectif de cette enquête a été en effet de montrer, outre le vecteur cyclique, l'existence de vecteurs mécaniques potentiels de TAA dans la zone prospectée. La densité a été estimée par la densité apparente par piège (DAP) calculée ainsi :

$$DAP = \frac{\text{Nombre total de mouches capturées}}{\text{Nombre total de pièges} \times \text{nombre de jours de capture}}$$

Dans la zone 1 regroupant 13 villages prospectés lors de l'enquête épidémiologique, 16 sites de piégeage ont été retenus et 48 pièges posés ; dans la zone 2 regroupant 10 villages, 10 sites de piégeage ont été retenus et 30 pièges posés ; dans la zone 3 plus éloignée de la rivière et regroupant 11 villages, 4 sites de piégeage ont été retenus et 12 pièges posés ; et dans la zone 4 regroupant 3 villages, 9 sites de piégeage ont été retenus et 27 pièges posés. Au total, 117 pièges des trois types ont été utilisés dans 39 sites de piégeage. La base des piquets soutenant les pièges ont été à chaque fois enduite de graisse afin de protéger les mouches emprisonnées dans la cage des fourmis prédatrices. Les pièges ainsi posés étaient laissés en place pendant quatre jours consécutifs et visités deux fois par jour, entre 7 h et 10 h, puis entre 17 h et 18 h 30. Les mouches capturées ont été collectées, identifiées sur la base des critères morphologiques publiés par de nombreux auteurs (4, 13, 35) puis dénombrées. Les glossines fraîches (81 au total) ont été disséquées au niveau du proboscis, de l'intestin et des glandes salivaires en vue de la recherche de l'infection trypanosomienne.

### Analyse des échantillons au laboratoire

Elle n'a concerné que les échantillons sanguins prélevés sur les bovins. Au laboratoire, l'ADN a été extrait avec du Chelex 100® de la façon suivante : le papier Whatman® imprégné a été placé dans un tube Eppendorf® contenant 1 ml d'une solution de Chelex 100® 5 p. 100 (w/v), puis chauffé à 55 °C pendant une heure et à 95 °C pendant 30 min. Après une centrifugation à 15 000 rpm pendant 10 min, le surnageant contenant l'ADN a été collecté et conservé à -20 °C pour l'analyse par PCR. Trois couples d'amorces spécifiques aux espèces *Trypanosoma (Nanomonas) congolense* type savane (30), *T. (Trypanozoon) brucei* s.l. et *T. (Duttonella) vivax* (26) ont été utilisés.

La réaction d'amplification a été faite dans un volume total de 25 µl contenant 1 µl d'ADN extrait, 1 µl de chacune des amorces testées, 0,25 unité de Taq (Thermos Aquaticus) DNA polymérase et 5 µl de tampon PCR enrichi en 45 mM Tris-HCl (pH 8,8), 11 mM (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 4,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 6,7 mM 2-mercaptoéthanol, 4,4 µM EDTA, 113 µg/ml BSA, 1 mM de chacun des désoxynucleotides phosphate (dTTP, dATP, dCTP et dGTP). L'ADN génomique a été utilisé comme témoin positif et de l'eau stérile comme témoin négatif. Une dénaturation à 94 °C pendant 4 min a précédé 30 cycles d'amplification comprenant chacun une dénaturation à 95 °C pendant 1 min, une hybridation à 55 °C (*T. brucei*) ou 60 °C (*T. vivax*, *T. congolense*) pendant 1 min, une élongation à 65 °C pendant 1 min, puis une élongation finale à 72 °C pendant 4 min. Les produits d'amplification ont été visualisés sous rayons ultraviolets sur gel d'agarose à 1,5 p. 100 enrichi au SYBR®. Safe DNA gel stain.

## ■ RESULTATS

### Prospection médicale

Au total, 13 410 personnes ont été examinées soit un taux de couverture de 80,3 p. 100 ; 132 cas ont été dépistés dont 99 cas parasitologiques (individus porteurs de trypanosomes) et 33 cas sérologiques (individus positifs au CATT titration supérieure ou égale à 1/16). Ces individus (cas sérologiques et parasitologiques) mis sous traitement étaient pour la plupart (96 malades) en phase lymphatico-sanguine. Kobitoye avec 25 malades et Konael avec 10 malades ont été les villages où un nombre élevé de malades ont été diagnostiqués et étaient situés sur la rive gauche de la rivière. Sanodjo avec 10 malades et Doh Ayo avec 10 malades étaient situés entre les deux premiers bras de la rivière. Dans les autres villages, le nombre total de cas diagnostiqués a varié entre 1 et 5.



Les suspects sérologiques (individus positifs à la titration CATT égale à 1/8) ont été au nombre de 57. Ces derniers n'ont pas été traités, conformément à l'algorithme de dépistage utilisé.

### Prospection vétérinaire

Dans ce foyer, le système d'élevage était essentiellement de type sédentaire. Au total, 144 bovins dont 77 mâles, tous de race Bororo, ont été examinés dans les quatre zones. L'âge des animaux a varié entre 1 et 12 ans, leur état général était bon pour la plupart (122/144 examinés) et les seuls signes cliniques observés chez 22 animaux ont été le larmolement et l'hypertrophie ganglionnaire.

L'examen direct a permis de diagnostiquer 12 animaux infectés dont cinq mâles. Huit animaux ont été suspectés (sur la base des mouvements des trypanosomes) d'être infectés par *T. brucei* et 5 par *T. vivax* (il y avait un cas suspect d'infection mixte) pour une prévalence apparente globale de 8 p. 100. Parmi ces 12 animaux, 7 avaient un taux d'hématocrite compris entre 25 et 50 p. 100 et 5 un taux d'hématocrite inférieur à 25 p. 100.

L'analyse au laboratoire a concerné 144 échantillons, soit tous les bovins de l'étude. Après analyse par PCR, 33 animaux se sont avérés infectés avec une prévalence variant de 22 à 25 p. 100 par zone prospectée (tableau I). La PCR a permis de confirmer 9 des 12 cas

positifs observés entre lame et lamelle. Deux espèces de trypanosomes ont été identifiées : *T. brucei* (39 p. 100 des infections) et *T. vivax* (55 p. 100), avec 2 cas d'infection mixte à *T. vivax* et *T. brucei* (6 p. 100). *T. congolense* type savane n'a pas été identifié.

### Enquête entomologique

Trois familles d'insectes vecteurs (cyclique et mécanique) de trypanosomoses ont été identifiées : Glossinidae, Stomoxiinae et Tabanidae. Les trois pièges utilisés ont chacun capturé les trois familles d'insectes ciblées mais l'abondance et la distribution de ces insectes n'a pas été uniforme à l'intérieur du foyer (tableau II).

Seules les Tabanidae ont été présentes dans l'ensemble du foyer à des densités variables dont la plus élevée (DAP = 15,55 T/P/J) a été observée dans la zone 4. Cinq genres ont été identifiés : *Tabanus* (DAP = 2,67 T/P/J), *Chrysops* (DAP = 1,41 C/P/J), *Ancala* (DAP = 0,04 An/P/J), *Atylotus* (DAP = 0,57 A/P/J) et *Haematopota* (DAP = 0,01 H/P/J). Aucun stomoxe n'a été capturé dans la zone 3. Ils ont été capturés en majorité (DAP = 4,58 S/P/J) dans la zone 4 (tableau III) et leur identification s'est limitée au genre *Stomoxys* pour de nombreux spécimens, excepté pour l'espèce *Stomoxys calcitrans*. La plus faible abondance d'insectes a été observée chez les Glossinidae : DAP = 0,07 G/P/J dans la zone 1

Tableau I

Prévalence apparente de la trypanosomose animale africaine estimée par PCR dans le foyer de Mandoul, Tchad

Zone	Cheptel estimé (nb. têtes)	Effectif examiné	Nb. d'animaux infectés				Prévalence (%)	Intervalle de confiance (95%)
			Tv	Tb	Tc	Tv-Tb		
I	150	32	3	3	0	1	22	[8–36]
II	150	41	4	5	0	0	22	[9–35]
III	100	40	7	3	0	0	25	[12–38]
IV	200	31	4	2	0	1	23	[8–37]

PCR : technique d'amplification en chaîne par polymérase

Tv : *Trypanosoma vivax* ; Tb : *Trypanosoma brucei* s.l. ; Tc : *Trypanosoma congolense* type savane ; Tv-Tb : coinfection *T. vivax* et *T. brucei* s.l.

Tableau II

Nombre d'insectes capturés par zone en fonction du type de piège dans le foyer de Mandoul, Tchad

Vecteurs capturés		Zone I 48 P *	Zone II 30 P *	Zone III 12 P *	Zone IV 27 P *	Total
Piège Nzi	Tabanidae	153	104	11	802	1 070
	Stomoxiinae	8	76	0	197	281
	Glossinidae	2	10	0	0	12
Piège biconique	Tabanidae	34	19	7	321	381
	Stomoxiinae	3	18	0	181	202
	Glossinidae	6	44	0	0	50
Piège Vavoua	Tabanidae	132	55	8	556	751
	Stomoxiinae	22	8	0	117	147
	Glossinidae	6	13	0	0	19

\* P = nombre de pièges posés par zone

Tableau III

Densité apparente par piège des vecteurs potentiels de trypanosomes capturés dans le foyer de Mandoul, Tchad

Zone	Densité apparente par piège et par jour		
	Tabanidae	Stomoxiinae	Glossinidae
I	1,66	0,17	0,07
II	1,48	0,85	0,56
III	0,55	0,00	0,00
IV	15,55	4,58	0,00

et DAP = 0,56 G/P/J dans la zone 2. Dans les zones 3 et 4 situées en aval de la rivière, aucune glossine n'a été capturée (tableau III). Dans cette famille, seule l'espèce *G. fuscipes* a été identifiée et aucune glossine infectée n'a été observée après dissection.

## ■ DISCUSSION

Le taux de couverture du dépistage actif effectué, c'est-à-dire le rapport de la population examinée sur la population estimée, rend compte de la qualité de la sensibilisation d'une population déjà parfaitement au fait de la maladie et de sa gravité. Avec 132 cas dont 99 confirmés par le diagnostic parasitologique, le foyer de THA de Mandoul est un foyer de transmission élevée. Depuis 2009, au moins un dépistage actif y est conduit par an. Le nombre total de malades notifiés après des dépistages passifs et actifs a été de 510 en 2009, 232 en 2010, et 276 en 2011 (39).

Les cas (parasitologiques et sérologiques) diagnostiqués au cours de notre prospection et lors des enquêtes antérieures étaient des nouveaux cas, au regard de l'arbre décisionnel du dépistage actif mis en place. Cependant, les suspects diagnostiqués n'ont pas été suivis comme il est pourtant recommandé, et ce, pour diverses raisons dont l'insuffisance d'un accompagnement technique (personnels qualifiés, matériels, etc.). Sachant que la première période de l'infection à *T. brucei gambiense* est marquée par des fluctuations parasitémiques liées au cycle de variation antigénique - élaboration de nouveaux anticorps qui limitent la sensibilité des tests diagnostiques (18), les suspects sérologiques non traités et non suivis de ce foyer pourraient être porteurs du parasite et constituer ainsi un réservoir humain potentiel dans ce foyer où, au moment de notre enquête, aucune lutte antivectorielle n'était mise en œuvre.

Néanmoins, le succès de la régularité du dépistage actif, montré ici par le nombre élevé de personnes diagnostiquées en phase 1, contribue à l'assainissement de ce réservoir humain potentiel de trypanosomes car le diagnostic précoce réduit le risque de transmission de la maladie au sein d'une communauté (8). Toutefois, le dépistage actif ne pourrait à lui seul conduire à l'élimination de la maladie du sommeil d'un foyer à *T. b. gambiense* (39). Les personnes diagnostiquées et traitées sont à nouveau exposées aux piqûres de glossines une fois de retour chez elles, et par conséquent à nouveau exposées au risque de contracter la maladie.

Les villages ayant rapporté un nombre élevé de malades étaient situés dans les zones 1 et 2 où des glossines ont été capturées. Tous les villages de ces deux zones étaient d'ailleurs considérés comme étant à l'épicentre du foyer au moment de sa délimitation (22). Ils sont assez proches de la forêt galerie et densément peuplés (contrairement à ceux de la zone 4), mais la proximité de

ces villages de la zone infestée de glossines ne justifie pas à elle seule le grand nombre de malades diagnostiqués. Cette partie de la rivière n'est jamais complètement asséchée. La présence permanente d'un plan d'eau à cet endroit ne favorise pas seulement l'existence d'une hygrométrie relative propice à la survie des glossines, mais aussi l'existence des zones agraires et des pâturages utilisés par les populations.

Sachant que la transmission de la maladie du sommeil est intimement liée à l'intensité du contact entre l'hôte et le vecteur, le nombre élevé de malades serait ainsi lié à la fréquentation régulière par les populations de cette partie du foyer pour leurs activités. En effet, la seule présence d'un point d'eau multiplie au moins par trois le contact entre la glossine et l'homme (21).

Une seule espèce de glossine a été capturée dans la zone prospectée. Pourtant l'espèce *G. tachinoïdes*, et les sous-espèces *G. fuscipes fuscipes* et *G. morsitans submorsitans* signalées il y a longtemps dans le sud du Tchad (14, 17) sont encore observées dans la région de Sahr, à un peu plus d'une centaine de kilomètres (31) du foyer de Mandoul. Bien que nos résultats corroborent les observations de certains auteurs (16), il est encore trop tôt, eu égard à la technique d'échantillonnage utilisée et à la superficie du foyer, pour déclarer une probable disparition de *G. m. submorsitans* du foyer de Mandoul, où cette espèce a été signalée il y a moins d'une vingtaine d'années (10). *G. m. submorsitans*, fortement inféodée au gros gibier (phacochères, buffles et cobs), a tendance à disparaître dès que les densités humaines augmentent (38), comme c'est le cas dans le foyer de Mandoul.

Notre étude transversale a été conduite en saison sèche pendant laquelle les glossines riveraines vivant en milieux fragmentés, comme celui du foyer de Mandoul, se dispersent peu et restent confinées dans des îlots aux conditions environnementales favorables à leur survie (3). Cette faible dispersion, associée à notre technique d'échantillonnage (rapprochement des pièges dans les sites de capture), justifierait l'absence de glossines capturées en aval de la rivière et probablement la faible densité globale de glossines capturées.

Les Tabanidae en revanche ont été capturées dans les quatre zones prospectées du foyer et en abondance en aval de la rivière. Il est connu que l'activité des Tabanidae varie selon les genres : *Chrysops*, *Haematopota* et *Atylotus* ne sont actifs qu'en saison des pluies, tandis que *Tabanus* et *Ancala* ont une activité répartie tout au long de l'année (35). Au Burkina Faso et en Guyane française, il a été observé que les tabanidés, bien que présents toute l'année, ont un pic d'abondance marqué au mois de novembre, en début de la saison sèche (11, 36, 37). Ces insectes ayant été capturés à des densités très variables, seule une étude longitudinale permettrait de définir les périodes où sont observés des pics de densité dans le foyer de Mandoul. C'est également le cas pour les stomoxes qui n'ont pas été capturés dans la zone 3 et dont l'activité varie en fonction du paysage, du climat (température, humidité, niveau du rayonnement solaire, entre autres) et de l'état physiologique des insectes (9, 27).

Les espèces de Tabanidae et de Stomoxiinae capturées dans ce foyer appartenaient aux genres impliqués dans la transmission mécanique de la trypanosomose animale. Cette étude ne permet cependant pas d'établir le degré de leur implication éventuelle dans le cycle épidémiologique de la TAA dont l'endémicité a été montrée. Sachant que les Tabanidae et les Stomoxiinae peuvent transmettre de façon mécanique *Trypanosoma* sp. (2, 12, 29), il est toutefois important de dresser le schéma épidémiologique de la transmission de la trypanosomose dans le foyer de Mandoul où circulent à la fois des trypanosomes animaux et le trypanosome humain, *T. b. gambiense*.

Les foyers d'endémie mixte THA/TAA sont de nos jours rarement documentés dans l'aire de distribution des glossines. Avec une prévalence minimale de 22 p. 100 estimée par PCR, cette étude princeps sur la trypanosomose animale dans ce foyer montre la prévalence de cette maladie dont la forme due à l'espèce *T. vivax* serait dominante. L'identification de *T. brucei* s.l. chez des bovins ne confirme pas l'existence de la sous-espèce *T. brucei brucei* responsable de la TAA. Les amorces utilisées, TBR1/TBR2, spécifiques du groupe des Trypanozoon, donnent également des résultats positifs lors d'une infection de surra due à *T. evansi* (1, 15). Par ailleurs, sachant que certains animaux domestiques comme les porcs et les petits ruminants sont en mesure d'héberger *T. b. gambiense*, responsable de la trypanosomiase chez l'homme (33), il est possible que l'infection à *T. brucei* s.l. observée chez les bovins soit en fait une infection à *T. b. gambiense*. Auquel cas, les bovins et éventuellement d'autres animaux domestiques présents constitueraient un réservoir de la maladie du sommeil dans ce foyer.

## ■ CONCLUSION

Cette étude confirme l'endémie concomitante de trypanosomiase humaine et de trypanosomose animale dans le foyer de Mandoul. Concernant la TAA, les rôles respectifs des glossines et des vecteurs mécaniques demandent à être précisés. Au regard de l'importance de l'interface homme-animal-vecteur-écosystème dans le maintien et l'évolution de la trypanosomose dans ce foyer, il paraît impératif que soit clarifié un potentiel rôle du réservoir animal dans la persistance de la THA. Une stratégie d'élimination globale sur la base du concept « One Health » (34) pourrait alors être élaborée afin d'assurer un contrôle durable de l'endémie dans ce foyer.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux autorités administratives des cantons de Bodo et Beboto ainsi qu'aux populations des villages composant le foyer de Mandoul.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ARTAMA W.T., AGEY M.W., DONELSON J.E., 1992. DNA comparisons of *Trypanosoma evansi* (Indonesia) and *Trypanosoma brucei* spp. *Parasitology*, **1**: 67-74.
2. BALDACCHINO F., MUENWORN V., DESQUESNES M., DESOLI F., CHAROENVIRIYAPHAP T., DUVALLET G., 2013. Transmission of pathogens by *Stomoxys* flies (Diptera, Muscidae): a review. *Parasite*, **20**. DOI: 10.1051/parasite/2013026
3. BOUYER J., 2009. La dispersion des glossines. *Insectes*, **21**.
4. BRUNHES J., CUISANCE D., GEOFFROY B., HERVY J.P., 1998. Les glossines ou mouches tsé-tsé. Logiciel d'identification et d'enseignement. Montpellier, France, Orstom.
5. BUREAU P., 1996. Historique et évolution de la maladie du sommeil au Tchad. *Bull. Liais. Doc. OCEAC*, **29** : 90-98.
6. CATTAND P., 2001. L'épidémiologie de la trypanosomiase humaine africaine : une histoire multifactorielle complexe. *Med. Trop.*, **61** : 313-322.
7. CHALLIER A., LAVEISSIERE C., 1973 Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina* : Diptera, Muscidae), description et essais sur le terrain. *Cah. Orstom Sér. Entomol. Méd. Parasitol.*, **9** : 251-262.
8. CHAPPUIS F., STIVANELLO E., ADAMS K., KIDANE S., PITTET A., BOVIER A.P., 2004. Card agglutination test for trypanosomiasis (CATT) end-dilution titer and cerebrospinal fluid cell count as predictors of human African trypanosomiasis (*Trypanosoma brucei gambiense*) among serologically suspected individuals in Southern Sudan. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **71**: 313-317.

9. CHARLWOOD J.D., LOPES J., 1980. Age structure and biting behaviour of *Stomoxys calcitrans* (L.) (Diptera: Muscidae) from Manaus, Brazil. *Bull. Entomol. Res.*, **70**: 549-555.
10. CUISANCE D., 1995 Réactualisation de la situation des tsé-tsé et des trypanosomoses au Tchad. Montpellier, France, Cirad-EMVT, 161 p.
11. DESQUESNES M., DIA M.L., ACAPOVI G., YONI W., 2005. Les vecteurs mécaniques des trypanosomoses animales : généralités, morphologie, biologie, impacts et contrôle. Identification des espèces les plus abondantes en Afrique de l'Ouest. Bobo Dioulasso, Burkina Faso, Cirades, 67 p.
12. DESQUESNES M., DIA M. L., 2003. *Trypanosoma vivax*: Mechanical transmission in cattle by one of the most common African tabanids, *Atylotus agrestis*. *Exp. Parasitol.*, **103**: 35-43.
13. GARROS C., GILLES J., DUVALLET G., 2004. Un nouveau caractère morphologique pour distinguer *Stomoxys calcitrans* et *S. niger* (Diptera : Muscidae). Comparaison des populations de l'île de La Réunion. *Parasite*, **11** : 329-332.
14. GRUVEL J., 1966. Tse-tse flies as vectors of trypanosomiasis in Chad. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **19**: 169-212. [in French with English abstract]
15. HABILA N., AGBAJI A.S., LADAN Z., BELLO I.A., HARUNA E., DAKARE M.A., ATOLAGBE T.O., 2010. Evaluation of *in vitro* activity of essential oils against *Trypanosoma brucei* and *Trypanosoma evansi*. *J. Parasitol. Res.* DOI:10.1155/2010/534601
16. HASSANE MAHAMAT H., 2003. Enquête épidémiologique et entomologique de la trypanosomiase et son vecteur dans le bassin du Mandoul. N'Djamena, Tchad, Laboratoire de recherche vétérinaire et zootechnique, 11 p.
17. JORDAN A.M., 1965. Observations on the ecology of *G. morsitans submorsitans* in the northern Guinea savanna of northern Nigeria. *Bull. Entomol. Res.*, **56**: 1-17.
18. KENNEDY P.G.E., 2013. Clinical features, diagnosis, and treatment of human African trypanosomiasis (sleeping sickness). *Lancet Neurol.*, **12**: 186-194.
19. KOHAGNE TONGUE L., DIARRA A., PEKA MALLAYE, LOUIS F.J., 2009. Rapport coût-efficacité d'une modification simple de la stratégie diagnostique usuelle de la trypanosomiase humaine africaine. *Sci. Med. Afr.*, **1** : 124-128.
20. LAVEISSIERE C., GREBAUT P., 1990. Recherche sur les pièges à glossines (Diptera : Glossinidae). Mise au point d'un modèle économique : le piège « Vavoua ». *Trop. Med. Parasitol.*, **41** : 185-192.
21. LAVEISSIERE C., HERVOUET J.P., COURET D., 1986. Localisation et fréquence du contact homme/glossine en secteur forestier de Côte d'Ivoire. 2. Le facteur humain et la transmission de la trypanosomiase. *Cah. Orstom Sér. Entomol. Méd. Parasitol.*, **25** : 45-57.
22. LOUIS F.J., DJIMADOUM NGAROROU A., KOHAGNE TONGUE L., SIMARRO P.P., 2008. Le foyer de trypanosomiase humaine africaine du Mandoul au Tchad : de l'évaluation au contrôle. *Méd. Trop.*, **69** : 7-12.
23. LOUIS F.J., KOHAGNE TONGUE L., EBO'O EYENGA V., SIMARRO P.P., 2008. Organisation d'une campagne de dépistage actif de la trypanosomiase humaine africaine à *Trypanosoma brucei gambiense*. *Méd. Trop.*, **68** : 11-16.
24. MAGNUS E., VERVOORT T., VAN MEIRVENNE N., 1978. A card agglutination test with stained trypanosomes (C.A.T.T.) for the serological diagnosis of *T. b. gambiense* trypanosomiasis. *Ann. Soc. Belg. Med. Trop.*, **58**: 169-176.
25. MAGRIN G., 2001. Le sud du Tchad en mutation : des champs de coton aux sirènes de l'or noir. Montpellier, France, Cirad, 427 p.
26. MASIGA D.K., SMYTH A.J., AYES P., BROMIDGE T.J., GIBSON W.C., 1992. Sensitive detection of trypanosomes in tsetse flies by DNA amplification. *Int. J. Parasitol.*, **22**: 909-918.
27. MAVOUNGOU J.F., JAY-ROBERT P., GILLES J., ATSAME EDDA A., DUVALLET G., 2008. Ecologie des stomoxes (Diptera : Muscidae) au Gabon. I. Premier inventaire dans différentes zones écologiques. *Parasite*, **15** : 27-34.
28. MIHOK S., 2002. The development of a multipurpose trap (the Nzi) for tsetse and other biting flies. *Bull. Ent. Res.*, **92**: 385-403.

29. MOHAMMED Y.O., MOHAMED-AHMED M.M., LUBNA T.K. RAYAH I.E. El., 2010. Detection of *Trypanosoma brucei gambiense* and *T. b. rhodesiense* in *Glossina fuscipes fuscipes* (Diptera: Glossinidae) and *Stomoxys* flies using the polymerase chain reaction (PCR) technique in southern Sudan. *Afr. J. Biotech.*, **9**: 6408-6412.
30. MOSER D.R., COOK G.A., OCHS D.E., BAILEY C.P., MCKANE M.R., DONELSON J.E., 1989. Detection of *Trypanosoma congolense* and *Trypanosoma brucei* subspecies by DNA amplification using the polymerase chain reaction. *Parasitology*, **99**: 57-66.
31. NDELEDJE N., BOUYER J., STACHURSKI F., GRIMAUD P., BELEM A.M.G., MBAINDIATOLOUM F.M., BENGALY Z., ALFAROUKH O.I., CECCHI G., LANCELOT R., 2013. Treating cattle to protect people? Impact of footbath insecticide treatment on tsetse density in Chad. *PLoS ONE*, **8**. DOI:10.1371/journal.pone.0067580
32. NEBOUT M., 1969. Situation épidémiologique de la trypanosomiase au Tchad. *Med. Trop.*, **29**: 229-241.
33. NJITCHOUANG G.R., NJIOKOU F., NANA DJEUNGA H.C., MOUNDIPA FEWOU P., ASONGANYI T., CUNY G., SIMO G., 2010. Analysis of the domestic animal reservoir at a microgeographical scale, the Fontem sleeping sickness focus (South-West Cameroon). *J. Cell. Anim. Biol.*, **4**: 73-80.
34. OKELLO A.L., BARDOSH K., SMITH J., WELBURN S.C., 2014. One health: past successes and future challenges in three African contexts. *PLoS Negl. Trop. Dis.*, **8**: e2884. DOI:10.1371/journal.pntd.0002884

35. OLDROYD H., 1973. Tabanidae in Smith (K.G.V.): Insects and other arthropods of medical importance. London, UK, British Museum (Natural History), p. 195-202.
36. OVAZZA M., RICKENBACH A., VALADE M., 1959. Tabanides de la région de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). Répartition et rythme annuel : quelques notes de systématique. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, **52** : 679-698.
37. RAYMOND H.L., 1988. Abondance relative et dynamique saisonnière de Tabanidae (Diptera) d'une savane de Guyane française. *Nat. Can.*, **115** : 251-259.
38. REID R., KRUSKA R.L., DEITCHMANN U., THOTTHON P.K., LEAK S.G.A., 2000. Human population growth and the extinction of the tsetse fly. *Agri. Ecosyst. Env.*, **77**: 227-236.
39. SIMARRO P.P., FRANCO J.R., DIARRA A., POSTIGO RUIZ J.A., JANNIN J., 2013. Diversity of human African trypanosomiasis epidemiological settings requires fine-tuning control strategies to facilitate disease elimination. *Res. Rep. Trop. Med.*, **4**: 1-6.
40. SIMARRO P.P., LOUIS F.J., JANNIN J., 2003. Sleeping sickness, the forgotten disease: The consequences in the field and a proposal for the action. In: Proc. 27th ISCTRC Conf., Pretoria, South Africa, 29 Sept. - 4 Oct., 2003.
41. SINSHAW A., ABEBE G., DESQUESNES M., YONI W., 2006. Biting flies and *Trypanosoma vivax* infection in three highland districts bordering Lake Tana, Ethiopia. *Vet. Parasitol.*, **142**: 35-46.

Accepté le 28.11.2014

## Summary

**Peka Mallaye, Kohagne Tongué L., Ndeledje N., Louis F.J., Mahamat Hassane H.** Concomitant transmission of human and animal trypanosomoses: Mandoul focus in Chad

Trypanosomosis is a vector-borne disease which affects both humans and animals. It is cyclically transmitted by tsetse flies and is caused by *Trypanosoma* sp. Although the disease is mainly endemic where its vectors are present, endemic areas where transmission of both forms of the disease coexist have seldom been studied. During our study, epidemiological and entomological surveys were carried out, followed by the analysis of collected samples by the polymerase chain reaction (PCR). Out of 13,410 persons examined, 132 sleeping sickness cases were diagnosed. After examination of 144 cattle samples by PCR, 33 were found infected by either *Trypanosoma brucei* (39%) or *T. vivax* (55%), or exhibited a co-infection (two animals). Three insect families were trapped at variable densities (Glossinidae, Stomoxyinae, and Tabanidae). *Glossina fuscipes fuscipes* was only caught in the southern part of the focus, and the highest apparent density per trap per day (ADT) of 0.56 was found in the gallery forest bordering the villages where the highest number of human African trypanosomosis was diagnosed. Tabanids were caught in all investigated areas but the highest ADT, i.e. 15.55, was observed in the northern part of the focus. No *Stomoxys* sp. was found in the prospected area located farthest from the river. The identification of trypanosomes in people and in cattle, and the presence of the cyclical vector as well as mechanical vectors, confirmed endemic human and animal trypanosomoses in the focus. Combatting vectors with a strategy common to both forms of the disease is crucial to control them sustainably.

**Keywords:** Human disease – Animal disease – African trypanosomiasis – Glossinidae – Stomoxyinae – Tabanidae – Epidemics – Chad.

## Resumen

**Peka Mallaye, Kohagne Tongué L., Ndeledje N., Louis F.J., Mahamat Hassane H.** Transmisión concomitante de tripanosomosis humana y animal: el foco de Mandoul, Chad

La tripanosomosis es una enfermedad que afecta a la vez al hombre y a los animales. Es provocada por *Trypanosoma* sp. y es cíclicamente transmitida por un vector, la glosina. Aunque esta enfermedad sea esencialmente endémica en el área de distribución de su vector, las zonas endémicas que presentan una transmisión activa de dos tipos de la enfermedad han sido rara vez descritas. En el curso del presente estudio, se llevaron a cabo encuestas epidemiológicas y entomológicas, las muestras obtenidas fueron luego analizadas en el laboratorio mediante la técnica de amplificación en cadena de la polimerasa (PCR). En total, 13 410 personas fueron examinadas y 132 casos diagnosticados. El examen de 144 bovinos mediante PCR reveló la infección en 33 de ellos, sea por *Trypanosoma brucei* (39%), sea por *T. vivax* (55%), sea por una co infección (dos animales). Se capturaron tres familias de insectos (Glossinidae, Stomoxyinae et Tabanidae), en densidades variables. *Glossina fuscipes fuscipes* fue capturada únicamente en la parte sur del foco y la mayor densidad aparente (DAP = 0,56 glosinas/trampa/día) fue observada en la galería forestal bordeando los pueblos en los que fue diagnosticado el mayor número de enfermos. Los Tabanidae estuvieron presentes en todas las zonas estudiadas, pero la mayor densidad (DAP = 15,55 tabánidos/trampa/día) fue observada en la parte norte del foco. Los estomoxis estuvieron ausentes en la zona estudiada más alejada del río. La identificación de los tripanosomas en el hombre y el ganado y la presencia del vector cíclico y de los vectores mecánicos potenciales confirman la endemia de tripanosomosis animal y humana en este foco. Solo una estrategia global de eliminación permitirá controlarla duraderamente.

**Palabras clave:** Enfermedad humana – Enfermedad de los animales – Tripanosomosis africana – Glossinidae – Stomoxyinae – Tabanidae – Epidemia – Chad.

# Price and quality of livestock feeds in suburban markets of West Africa's Sahel: Case study from Bamako, Mali

A.A. Ayantunde<sup>1,2\*</sup> M. Blummel<sup>3</sup>  
E. Grings<sup>4</sup> A.J. Duncan<sup>5</sup>

## Keywords

Livestock – Suburban agriculture – Feed – Price – Quality – Nutritive value – Commodity market – Sahel.

## Summary

In West African Sahel cities, livestock husbandry such as smallholder dairy production and livestock (cattle, sheep and goat) fattening has become popular among livestock owners to meet food needs for the household, and for income generation. The increasing importance of urban and suburban agriculture, particularly livestock husbandry in the region, has led to a rapid increase in livestock populations in most of the cities. As a result of this increase and the associated growth in the demand for feeds, feed markets have sprung up in many cities and towns of West Africa's Sahel. A survey of livestock feed markets was conducted in five markets in Bamako, Mali. Prices of livestock feeds were monitored monthly from January to December 2010. In addition, feed samples were collected from the markets for laboratory analysis to determine their nutritional quality. Results showed that the prices of cowpea hay and groundnut haulm were consistently higher than those of other feeds throughout the year. The price of cowpea hay ranged from 367 FCFA/kg dry matter (DM) (1 USD ≈ 500 FCFA) in October, i.e. immediately after harvest, to 667 FCFA/kg DM in August, i.e. in the wet season. Results also showed that there was no relationship between price and quality for all feed types. However, prices and quality of feeds differed significantly across seasons suggesting that the season was a major determinant for the price of livestock feeds in suburban areas of West Africa's Sahel.

## ■ INTRODUCTION

There has been a rapid growth in the urban population in West Africa as in most sub-Saharan African countries in the last four decades (27). According to an African Development Bank report (1), in 2010 the share of the African urban population was about 36% and was projected to increase to 50% and 60%, by 2030 and 2050, respectively. This rapid urbanization is associated with spatial concentration of people of different cultural and geographical origins, different educational and professional backgrounds, and diversified livelihood strategies. Thus, a large proportion of urban people have been involved in agricultural activities such as crop farming, livestock husbandry and vegetable production since the 1980s (21). The main drivers for this trend include declining

prospects of securing 'white collar' jobs with government ministries and agencies due to the Structural Adjustment Programs of the 1980s and 1990s, a generally low level of education among rural migrants, and the growing demand for food by the urban population (27). In Sahelian cities of West Africa, livestock husbandry such as smallholder dairy production and animal (cattle, sheep and goat) fattening has become widespread to meet household food needs and for income generation (12). Sheep fattening in suburban areas of West Africa's Sahel is increasingly becoming an important economic activity and has been mainly driven by the Tabaski, the Islamic festival of Eid-al-Kabir (5, 9, 16). It is particularly attractive to poor farmers including women because of its low initial investment, rapid turnover rate, social acceptance and easy market access. The main strategy is to fatten young, lean male sheep, born on the farm or, more often, purchased on the open market, over a two to three month period, each farmer fattening between one and five animals (5).

This has led to a rapid increase in the livestock population in most cities and large towns in the region (11). Mali's Government reports (8, 13) show that in Bamako the cattle population increased from 8,000 to 32,086 head from 1989 to 2012, whereas the sheep and goat populations during the same period increased from 5,000 to 80,686 head, i.e. an average annual growth rate of 6% and 13%,

1. International Livestock Research Institute (ILRI), BP 320, Bamako, Mali.

2. Present address: ILRI, CIFOR, 06 BP 9478, Ouagadougou, Burkina Faso.

3. ILRI, c/o ICRISAT, Andhra Pradesh, India.

4. Department of Animal Science, South Dakota State University, Brookings, SD, USA; formerly at ILRI, IITA, Ibadan, Nigeria.

5. ILRI, Addis Ababa, Ethiopia.

\* Corresponding author

Tel.: +226 50 30 47 42; Fax: +226 50 30 29 30

E-mail: a.ayantunde@cgiar.org

for cattle and small ruminants, respectively, compared to a national average annual growth rate of 4.4% and 7.4% for the same species, respectively. Livestock husbandry in urban and suburban areas of West Africa's Sahel is increasing because of the growing demand for livestock products and because well-to-do government officials and entrepreneurs, who are taking advantage of the prevailing accessibility of the market, are investing in livestock enterprises.

Feed is the main challenge to livestock husbandry in urban and suburban areas of West Africa's Sahel because of its scarcity during the dry season and the limited access to grazing areas (5, 11, 21). Most livestock keepers therefore depend on purchased feeds, often at high prices and influenced by seasonal variations. As a result of the increase in the livestock population and the associated growth in the demand for feeds, feed markets have sprung up in many cities and towns in the region. These livestock feed markets are usually located near livestock markets and they mainly sell crop residues, agricultural by-products such as cottonseed cake and cereal bran, concentrate feed from the small-scale feed industry, besides leaves from various shrubs and perennial sources. Information on the price and quality of feeds sold at these markets is important for optimization of livestock feeding strategies and enhancement of resource use efficiency in urban and suburban livestock production systems. The objective of the present study was to assess price variations for different feed types across seasons in suburban feed markets, and to determine whether there was a relationship between price and quality of livestock feeds.

## ■ MATERIALS AND METHODS

### *Study site*

A survey was conducted in five livestock feed markets in Bamako in Mali, located in the areas of Lafiabougou, Sabalibougou, Faldje, Niamana and Boulkassoumbougou. These markets also sold livestock (cattle, sheep and goats). They were selected because of their relatively large size and year-round operations by feed sellers, and their three-kilometer minimum distance from one another. This ensured a sufficient number of sellers to select from for the survey which lasted for 12 months. All five markets were easily accessible by road. During the surveys, we did not collect data on the sales volume, turnover, origin of the feeds and characteristics of feed buyers but focused mainly on data collection of feed prices and quality.

### *Feed market survey*

Prices of livestock feeds were monitored monthly in the five markets from January to December, 2010. For the monthly survey, five feed sellers in each market were randomly selected every month and interviewed by an enumerator in the local language. By interviewing five sellers per market we ensured that at least 20% of the total number of feed sellers in each market was sampled as there were about 20 feed sellers per market. Information on the price of every livestock feed was collected from the five feed sellers interviewed in each market. Information on the price of cereal grains (maize, millet, sorghum and rice) and legume grains (cowpea and groundnut) was also collected monthly from those among the five markets that sold food items. In addition, samples of all feeds present in the market were collected from one feed seller in each market for laboratory analysis to determine nutritional quality. In total, 294 feed samples were collected and processed for analysis. To establish the price of the feeds according to weight, particularly that of crop residues, we bought feeds from the sellers in each market every month, which were air dried then weighed. Apart from crop residues, the other feed types such as cereal bran, cottonseed

cake and concentrate feeds were usually sold at a predefined weight, mostly in bags of 50 kg and 100 kg.

### *Cost-benefit analysis of sheep fattening*

To assess cost implications from livestock feed prices for sheep fattening in suburban areas of West Africa's Sahel, we formulated balanced rations based on two major feed types found in the markets, i.e. cowpea hay and concentrates for ruminants (Table I). The diet included either cowpea hay, as it is commonly used for sheep fattening in the region in combination with other feed ingredients (4), or a concentrate for sheep fattening because of its year-round availability and low price; it reduced the feeding cost, the price of cowpea hay being higher than that of the concentrates. Both cowpea-hay-based and concentrate-based diets contained 15% crude protein (on a dry matter [DM] basis) with fixed ingredients, i.e. bush hay (20% of the diet on DM basis) and cereal bran (10% of the diet on DM basis). The energy requirements of sheep were met in both diets according to AFRC recommendations (2). The cost implications of both formulated diets were assessed under four scenarios: (i) early dry season sales of sheep during an ordinary period, (ii) early dry season sales at the Tabaski, (iii) late dry season sales during an ordinary period, and (iv) late dry season sale at the Tabaski, when the sales price is always at least twice that of the ordinary period. The scenarios were tested in the early and late dry seasons when sheep fattening is usually carried out in the West African Sahel.

### *Laboratory analyses*

Feed samples collected from the feed markets were analyzed for DM, ash content, nitrogen, fiber components (NDF and ADF), metabolizable energy (ME) and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) using the near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technique after grinding (2 mm sieve). NIRS is an indirect analytical method based on the development of empirical models in which the concentration of a feed constituent is predicted from complex spectral data (6) as presented in Table II. Crude protein was estimated from nitrogen content (nitrogen x 6.25). Details on the NIRS prediction of sample values are presented in Table III.

### *Statistical analysis*

Data analysis was performed with SAS (26) using the general linear model (GLM) procedures for variance and regression analyses. For analysis of the variance model, response (dependent) variables were price and nutritional quality (DM, ash, crude protein, fiber components, ME and IVOMD), whereas season was the independent variable. A calendar year was divided into three seasons: wet (June to September), early dry (October to January), and late dry (February to May). In the analysis, the season was considered as a binary categorical variable with a value of either 0 or 1. Unless otherwise specified, the level of significance was set at  $p < 0.05$ .

## ■ RESULTS

### *Price variations of different livestock feeds*

Results showed that each feed seller sold between four and ten types of livestock feeds. The major feed types sold were cowpea hay, groundnut haulm, cottonseed cake, bush hay (consisting mainly of *Andropogon gayanus* and *Schizachyrium exile*), cereal bran (this included maize bran, millet bran, sorghum bran and rice bran), browse (shrub/tree fodder), and concentrates for ruminants (for maintenance and fattening from a local feed industry). The factory labels of the nutrient composition of the concentrate feeds read as follows: the maintenance feed contained 13% crude

Table I

Diet formulation for sheep fattening and costs based on cowpea hay or concentrates for ruminants<sup>1</sup>

Feed	% in the diet	CP (% DM)	ME (MJ/day) <sup>2</sup>	Cost of 100 kg DM diet (FCFA <sup>3</sup> )
<b>Early dry season - diet based on cowpea hay</b>				
Bush hay	20	1.25	1.77	2,520
Cereal bran	10	11.88	1.26	1,350
Cowpea hay	52	15.75	7.06	22,204
Cottonseed cake	18	29.63	2.06	2,934
Total	100	15	12.15	29,008
<b>Early dry season - diet based on concentrates for ruminants</b>				
Bush hay	20	1.25	1.77	2,520
Cereal bran	10	11.88	1.26	1,350
Concentrate	63	18.19	8.66	10,395
Cottonseed cake	7	29.63	0.82	1,141
Total	100	15	12.51	15,406
<b>Late dry season - diet based on cowpea hay</b>				
Bush hay	20	1.63	1.83	3,420
Cereal bran	10	12.81	1.26	1,450
Cowpea hay	55	16.13	7.42	32,120
Cottonseed cake	15	30.13	1.80	2,490
Total	100	15	12.29	39,480
<b>Late dry season - diet based on concentrates for ruminants</b>				
Bush hay	20	1.63	1.83	3,420
Cereal bran	10	12.81	1.26	1,450
Concentrate	62	17.69	8.54	9,672
Cottonseed cake	8	30.13	0.96	1,328
Total	100	15	12.59	15,870

CP: crude protein; DM: dry matter; ME: metabolizable energy

<sup>1</sup> The diet for fattening ram contains 15% CP (DM basis) with fixed feeds: bush hay (20% of the diet on DM basis), cereal bran (10% of the diet on DM basis). To reach 15% CP (DM), the diet was balanced using cottonseed cake and cowpea hay or concentrates for ruminants. The daily feed offered for a 25-kg ram for fattening was estimated at 1.5 kg DM including allowance for left-over. The duration of fattening was 90 days. The energy requirement (ME, MJ/day) for a 25-kg ram for maintenance and growth (assumed average daily gain of 100 g/day) was estimated at 6 MJ/day (AFRC, 1993).

<sup>2</sup> ME supply from feed ingredients (MJ/day) was calculated as: MJ/kg DM in the feed (from Table II) multiplied by the proportion of the ingredient in the diet, multiplied by the daily offer (1.5 kg DM). For example, for bush hay in the early dry season, the ME supply/day was: (5.9 x 0.2) x 1.5 = 1.77 MJ/day

<sup>3</sup> 1 USD ≈ 500 FCFA

protein, 4% ether extract, 12% crude fiber, 2% calcium, 0.5% phosphorus; and the fattening feed contained 15% contained crude protein, 5% ether extract, 6% crude fiber, 1.5% calcium, 0.85% phosphorus. We did not find any cereal straws (sorghum, millet or maize straws) throughout the year, perhaps because of the low demand and of their bulkiness which makes transport difficult.

The prices of cowpea hay and groundnut haulm were consistently higher than those of other feeds throughout the year (Table IV). The price of cowpea hay ranged from 367 FCFA/kg DM (1 USD ≈ 500 FCFA at time of study) in October immediately after harvest, to 667 FCFA/kg DM in August, i.e. in the wet season (Table IV). Generally, the price of crop residues (cowpea hay and groundnut haulm) corresponded with availability; it was highest during the wet season (June to September) and lowest immediately after harvest (October and November). The prices of agricultural by-products, such as cottonseed cake and cereal bran, and of concentrate feeds did not vary significantly across the seasons, suggesting adequate year round availability. The price of legume residues (cowpea hay and groundnut haulm) was almost twice that

of grain for most of the year except in the three months following harvest (October, November and December) (Figure 1). The prices of cowpea hay and groundnut haulm were on average 556 and 505 FCFA/kg DM, respectively, whereas the price of grain was 333 and 329 FCFA/kg DM, respectively. The price of cereal bran ranged between 131 and 146 FCFA/kg DM and was consistently lower than that of grain throughout the year (Figure 1).

### Variations in nutritional quality of livestock feeds

In all seasons, cottonseed cake had a significantly ( $p < 0.05$ ) higher crude protein content but significantly lower metabolizable energy than other feed types except bush hay (Table II). Bush hay had the lowest crude protein content and the highest fiber content (NDF and ADF) in all seasons compared to other feed types (Table II). The nutritional contents of cowpea hay and groundnut haulm were similar to that of concentrate feeds in terms of ash content, ME and IVOMD in all seasons. The crude protein content and IVOMD of cereal bran were significantly lower than that of cowpea hay and groundnut haulm (Table II), suggesting a lower nutritional quality

Table II

Nutritional quality (g/kg DM except for ME which is MJ/kg DM; mean  $\pm$  standard error) and price (FCFA<sup>1</sup>/kg DM) of different feed types sold at five feed markets in Bamako, Mali, based on the season

Feed type	Ash	Crude Protein	NDF	ADF	ME	<i>in vitro</i> OMD	Price
<b>Wet season<sup>2</sup> (June, July, August, September)</b>							
Cowpea hay	96 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	217 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	485 $\pm$ 25 <sup>b</sup>	341 $\pm$ 23 <sup>b</sup>	9.5 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	685 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	658 $\pm$ 9 <sup>a</sup>
Groundnut haulm	84 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	157 $\pm$ 7 <sup>c</sup>	446 $\pm$ 17 <sup>b</sup>	307 $\pm$ 16 <sup>b</sup>	9.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	656 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	617 $\pm$ 6 <sup>a</sup>
Cottonseed cake	61 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	292 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	467 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	303 $\pm$ 19 <sup>b</sup>	7.6 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	567 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	169 $\pm$ 5 <sup>c</sup>
Bush hay	41 $\pm$ 9 <sup>c</sup>	36 $\pm$ 6 <sup>d</sup>	834 $\pm$ 37 <sup>a</sup>	556 $\pm$ 23 <sup>a</sup>	6.1 $\pm$ 0.5 <sup>c</sup>	399 $\pm$ 32 <sup>c</sup>	196 $\pm$ 8 <sup>b</sup>
Concentrate	91 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	191 $\pm$ 9 <sup>b</sup>	389 $\pm$ 12 <sup>c</sup>	139 $\pm$ 21 <sup>d</sup>	9.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	665 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	161 $\pm$ 4 <sup>c</sup>
Cereal bran	72 $\pm$ 4 <sup>b</sup>	152 $\pm$ 9 <sup>c</sup>	371 $\pm$ 24 <sup>c</sup>	98 $\pm$ 26 <sup>d</sup>	9.3 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	647 $\pm$ 28 <sup>a</sup>	142 $\pm$ 5 <sup>c</sup>
Browse	74 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	189 $\pm$ 11 <sup>b</sup>	457 $\pm$ 31 <sup>b</sup>	238 $\pm$ 11 <sup>c</sup>	9.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	646 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	149 $\pm$ 14 <sup>c</sup>
<b>Early dry season<sup>2</sup> (October, November, December, January)</b>							
Cowpea hay	83 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	157 $\pm$ 10 <sup>b</sup>	452 $\pm$ 17 <sup>c</sup>	299 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	9.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	642 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	427 $\pm$ 14 <sup>a</sup>
Groundnut haulm	86 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	146 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	437 $\pm$ 18 <sup>c</sup>	306 $\pm$ 15 <sup>b</sup>	9.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	638 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	378 $\pm$ 8 <sup>a</sup>
Cottonseed cake	58 $\pm$ 1 <sup>b</sup>	296 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	490 $\pm$ 10 <sup>c</sup>	322 $\pm$ 11 <sup>b</sup>	7.5 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	565 $\pm$ 12 <sup>b</sup>	162 $\pm$ 4 <sup>b</sup>
Bush hay	27 $\pm$ 3 <sup>c</sup>	13 $\pm$ 1 <sup>d</sup>	863 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	552 $\pm$ 15 <sup>a</sup>	5.9 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	392 $\pm$ 16 <sup>c</sup>	126 $\pm$ 5 <sup>c</sup>
Concentrate	88 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	182 $\pm$ 9 <sup>b</sup>	397 $\pm$ 10 <sup>c</sup>	124 $\pm$ 20 <sup>c</sup>	9.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	651 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	165 $\pm$ 5 <sup>b</sup>
Cereal bran	82 $\pm$ 7 <sup>a</sup>	129 $\pm$ 7 <sup>c</sup>	419 $\pm$ 24 <sup>c</sup>	136 $\pm$ 34 <sup>c</sup>	8.4 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	586 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	134 $\pm$ 3 <sup>bc</sup>
Browse	46 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	155 $\pm$ 11 <sup>b</sup>	549 $\pm$ 39 <sup>b</sup>	289 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	8.6 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	585 $\pm$ 9 <sup>b</sup>	101 $\pm$ 6 <sup>c</sup>
<b>Late dry season<sup>2</sup> (February, March, April, May)</b>							
Cowpea hay	89 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	161 $\pm$ 13 <sup>b</sup>	468 $\pm$ 22 <sup>c</sup>	320 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	9.0 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	635 $\pm$ 17 <sup>a</sup>	584 $\pm$ 23 <sup>a</sup>
Groundnut haulm	88 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	139 $\pm$ 7 <sup>b</sup>	436 $\pm$ 17 <sup>c</sup>	315 $\pm$ 15 <sup>b</sup>	9.1 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	633 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	522 $\pm$ 11 <sup>a</sup>
Cottonseed cake	55 $\pm$ 1 <sup>b</sup>	301 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	477 $\pm$ 12 <sup>c</sup>	318 $\pm$ 12 <sup>b</sup>	7.9 $\pm$ 0.2 <sup>c</sup>	593 $\pm$ 11 <sup>b</sup>	167 $\pm$ 5 <sup>c</sup>
Bush hay	46 $\pm$ 7 <sup>c</sup>	20 $\pm$ 3 <sup>d</sup>	832 $\pm$ 11 <sup>a</sup>	536 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	6.1 $\pm$ 0.1 <sup>d</sup>	408 $\pm$ 8 <sup>c</sup>	171 $\pm$ 7 <sup>c</sup>
Concentrate	87 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	177 $\pm$ 8 <sup>b</sup>	408 $\pm$ 12 <sup>c</sup>	130 $\pm$ 22 <sup>c</sup>	9.2 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>	648 $\pm$ 9 <sup>a</sup>	158 $\pm$ 3 <sup>c</sup>
Cereal bran	98 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	128 $\pm$ 10 <sup>c</sup>	443 $\pm$ 16 <sup>c</sup>	187 $\pm$ 21 <sup>c</sup>	8.4 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	592 $\pm$ 19 <sup>b</sup>	145 $\pm$ 4 <sup>c</sup>
Browse	44 $\pm$ 1 <sup>c</sup>	128 $\pm$ 4 <sup>c</sup>	553 $\pm$ 10 <sup>b</sup>	306 $\pm$ 16 <sup>b</sup>	10.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	680 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	237 $\pm$ 18 <sup>b</sup>

DM: dry matter; NDF and ADF: fiber components; ME: metabolizable energy; OMD: organic matter digestibility

<sup>1</sup> 1 USD  $\approx$  500 FCFA

<sup>2</sup> Comparison of each feed type across seasons showed significant differences ( $p < 0.05$ ) for the nutritional quality of the following feeds: browse (crude protein and ME were higher in wet season than in late dry season); cereal bran (ash content was higher in late dry season than in wet season); cowpea hay (crude protein and *in vitro* OMD were higher in wet season than in early and late dry seasons); bush hay (crude protein was higher in wet season than in early and late dry seasons).

Values with different superscript letters within the same column denote significant differences ( $p < 0.05$ ) between means for each season.

Table III

Validation of NIRS equations for the prediction of quality of feed resources

Variable	Num. samples	Prediction error	R <sup>2</sup>	GH
DM	147	0.358	0.814	1.120
Ash	147	1.842	0.726	1.120
Nitrogen	147	0.244	0.966	1.120
ME	147	0.242	0.952	1.120
IVOMD	147	2.239	0.923	1.120
NDF	804	2.721	0.965	0.973
ADF	804	1.959	0.947	0.973

NIRS: near infrared reflectance spectroscopy

GH: distance between the sample and the calibration database. Distances  $> 3$  are considered as outliers.

DM: dry matter, ME: Metabolizable energy, IVOMD: *in vitro* organic matter digestibility; NDF and ADF: fiber components

Mali's specific database was used for sample analysis for DM, ash, nitrogen, ME and IVOMD, whereas the global database was used for analysis of NDF and ADF.

of the former. Comparison of the nutritional quality of each feed type across the three seasons showed that the quality (ash, crude protein, NDF, ADF, ME and IVOMD) of concentrates, cottonseed cake and cereal bran did not vary significantly. The crude protein contents of cowpea hay and of bush hay were significantly higher in the wet season than in the early and late dry season. The crude protein content and ME of browse species were significantly higher in the wet season than in the late dry season.

### Relationship between price and feed quality

The analysis of variance did not show a relationship between price and feed quality, in other words the quality of feed did not influence the price at the market for all feed types. This implies that feeds of the same quality were sold at different prices depending on the season and market. Results further showed that the price and nutritional quality of most of the feeds varied across seasons (Table V). The prices of cowpea hay, groundnut haulm, bush hay and browse were significantly affected by the season (Table V). Prices of these feeds declined as the season progressed from wet to dry except for browse species in which case the price increased significantly in the late dry season compared to the wet season.



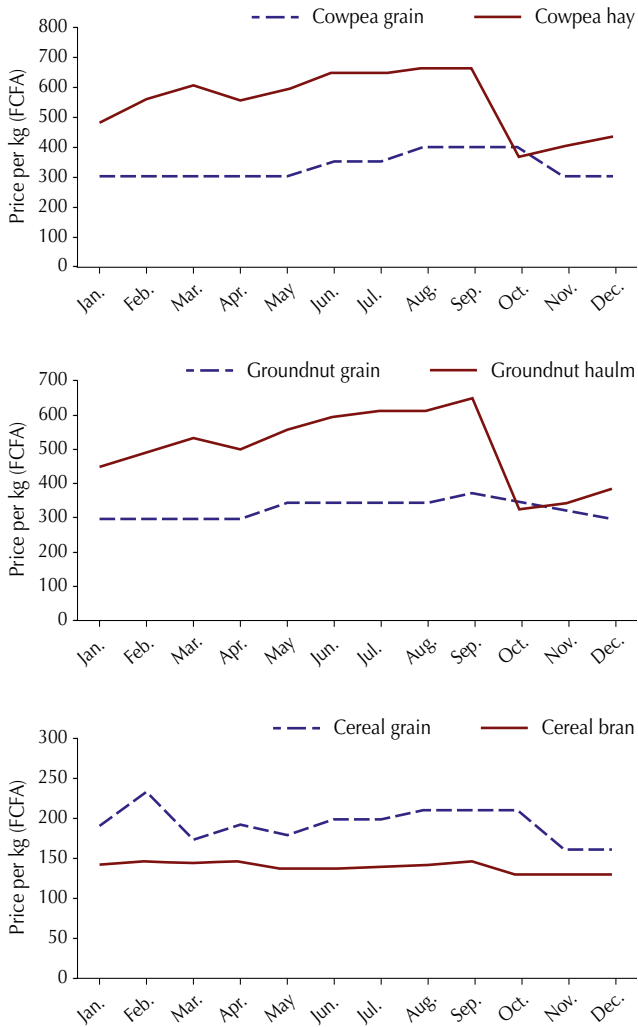


Figure 1: Comparison between grain prices and by-products or residues; 1 USD ≈ 500 FCFA.

The season also had a significant effect on the crude protein content of browse species, cowpea hay and bush hay.

### Cost implications of livestock feed prices for sheep fattening in suburban areas

The analysis of cost and benefit of sheep fattening showed that concentrates for ruminants can be used as substitutes for cowpea hay or groundnut haulm for sheep fattening in suburban areas in the region (Table I). The results also suggested that it was not economically profitable to fatten sheep with cowpea-hay-based diet in both the early and late dry seasons if the animals were destined to be sold during the ordinary period (Table VI). If the animals were sold during the Tabaski when the sales price was high, there could be positive net returns from fattening with a cowpea-hay-based diet in the early dry season. The cost-benefit analysis also suggested that it was more profitable to fatten sheep with a concentrate-based diet than with a cowpea-hay based diet in both the early dry and late dry seasons (Table VI).

### DISCUSSION

The results obtained from the five monitored markets confirmed the common observation that livestock feeds are expensive in urban and suburban areas of West Africa's Sahel (5, 10, 11, 15, 19, 22). The prices of bush hay and cowpea hay in our study agreed with the ranges between 65 and 300 FCFA/kg DM, and between 330 and 800 FCFA/kg DM, respectively, reported for livestock productions in suburban Niamey in Niger by Bayala et al. (5) and Diogo et al. (11). In suburban areas of Niger, Bayala et al. (5) reported high prices between 125 and 351 FCFA/kg DM for hay of *Zornia glochidiata*. The feed prices observed in our study were much higher than 25 FCFA/kg DM for bush hay and 75 FCFA/kg DM for groundnut haulm reported by Ayantunde et al. (3) in feed markets in rural areas in Southwestern Niger, and 148 FCFA/kg DM for groundnut haulm reported by Bayala et al. (5) in rural

Table IV

Monthly price variations for different feed types (FCFA<sup>1</sup>/kg DM, mean ± standard error) in five markets monitored in 2010 in Bamako, Mali

Month	Cowpea hay	Groundnut haulm	Cottonseed cake	Bush hay	Concentrates for ruminant	Cereal bran	Browse <sup>2</sup>
January	493 ± 49 <sup>bc</sup>	454 ± 9 <sup>ef</sup>	159 ± 5 <sup>a</sup>	139 ± 4 <sup>b</sup>	152 ± 3 <sup>a</sup>	144 ± 3 <sup>a</sup>	-
February	568 ± 34 <sup>ab</sup>	494 ± 17 <sup>de</sup>	174 ± 7 <sup>a</sup>	164 ± 6 <sup>ab</sup>	144 ± 3 <sup>a</sup>	148 ± 4 <sup>a</sup>	298 ± 12 <sup>a</sup>
March	610 ± 20 <sup>a</sup>	533 ± 9 <sup>cd</sup>	162 ± 2 <sup>a</sup>	160 ± 28 <sup>ab</sup>	163 ± 3 <sup>a</sup>	145 ± 5 <sup>a</sup>	233 ± 36 <sup>a</sup>
April	561 ± 15 <sup>ab</sup>	503 ± 8 <sup>de</sup>	167 ± 3 <sup>a</sup>	171 ± 7 <sup>ab</sup>	152 ± 4 <sup>a</sup>	146 ± 4 <sup>a</sup>	270 ± 20 <sup>a</sup>
May	598 ± 10 <sup>a</sup>	558 ± 8 <sup>bcd</sup>	165 ± 2 <sup>a</sup>	187 ± 7 <sup>ab</sup>	164 ± 3 <sup>a</sup>	139 ± 2 <sup>a</sup>	146 ± 8 <sup>b</sup>
June	651 ± 8 <sup>a</sup>	597 ± 4 <sup>ab</sup>	164 ± 2 <sup>a</sup>	186 ± 7 <sup>ab</sup>	160 ± 4 <sup>a</sup>	138 ± 8 <sup>a</sup>	132 ± 3 <sup>b</sup>
July	650 ± 12 <sup>a</sup>	612 ± 6 <sup>ab</sup>	180 ± 12 <sup>a</sup>	206 ± 10 <sup>a</sup>	157 ± 2 <sup>a</sup>	141 ± 2 <sup>a</sup>	164 ± 26 <sup>ab</sup>
August	667 ± 9 <sup>a</sup>	611 ± 6 <sup>ab</sup>	165 ± 3 <sup>a</sup>	-	162 ± 5 <sup>a</sup>	142 ± 4 <sup>a</sup>	189 ± 27 <sup>ab</sup>
September	665 ± 6 <sup>a</sup>	649 ± 9 <sup>a</sup>	166 ± 3 <sup>a</sup>	-	164 ± 5 <sup>a</sup>	146 ± 3 <sup>a</sup>	111 ± 3 <sup>b</sup>
October	367 ± 11 <sup>d</sup>	326 ± 10 <sup>g</sup>	163 ± 2 <sup>a</sup>	-	172 ± 6 <sup>a</sup>	131 ± 3 <sup>a</sup>	100 ± 11 <sup>b</sup>
November	411 ± 8 <sup>cd</sup>	345 ± 8 <sup>g</sup>	163 ± 3 <sup>a</sup>	106 ± 5 <sup>b</sup>	161 ± 4 <sup>a</sup>	132 ± 3 <sup>a</sup>	95 ± 9 <sup>b</sup>
December	438 ± 4 <sup>cd</sup>	387 ± 5 <sup>fg</sup>	164 ± 5 <sup>a</sup>	132 ± 8 <sup>b</sup>	173 ± 6 <sup>a</sup>	131 ± 3 <sup>a</sup>	108 ± 2 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> 1 USD ≈ 500 FCFA

<sup>2</sup> Browse found in the markets were leaves of *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*, *Pterocarpus erinaceous*, and fruit of *Acacia albida*. Values with different superscript letters within the same column denote significant differences (p < 0.05) between means for each feed type.

Table V

Analysis of variance of the effect of season on the response variables (nutritional quality and price) of different feed types<sup>1</sup>

Feed	Response variable	Explanatory variable	Parameter estimate	Standard error	F-value	P > F
Browse	Crude protein	Constant	189	19	94	0.0006
		Late dry	-61	24	6	0.0435
	ME	Constant	9.5	0.2	2,683	< 0.0001
		Early dry	-0.9	0.2	20	0.0114
	IVOMD	Late dry	0.7	0.2	10	0.0353
		Constant	668	11	3,754	< 0.0001
	Price	Early dry	-83	14	33	0.0353
		Constant	91	18	25	0.0039
	Late dry	166	34	24	0.0045	
Cereal bran	IVOMD	Constant	647	24	717	< 0.0001
		Early dry	-61	31	4	0.0436
	ME	Constant	9.3	0.3	745	< 0.0001
		Early dry	-0.9	0.4	4	0.0425
	Late dry	-0.8	0.4	4	0.050	
Cottonseed cake	Price	Constant	165	5	1,119	< 0.0001
		Late dry	23	8	7	0.0098
Groundnut haulm	Price	Constant	613	15	1,609	< 0.0001
		Early dry	-215	20	120	< 0.0001
		Late dry	-87	20	20	< 0.0001
Cowpea hay	Crude protein	Constant	217	16	188	< 0.0001
		Early dry	-59	19	10	0.0032
		Late dry	-55	20	8	0.0080
	Price	Constant	659	22	865	< 0.0001
		Early dry	-228	27	73	< 0.0001
		Late dry	-72	28	7	0.0142
Bush hay	Crude protein	Constant	36	5	52	< 0.0001
		Early dry	-23	7	9	0.0081
		Late dry	-16	6	7	0.0157
	Price	Constant	175	8	474	< 0.0001
		Early dry	-59	19	9	0.008

<sup>1</sup> Only variables that were significant at  $p < 0.05$  were included.

ME: metabolizable energy; IVOMD: *in vitro* organic matter digestibility

areas in Burkina Faso. Because of the low prices of livestock feeds in rural areas, feed sellers in urban and suburban areas tend to buy their products from these markets. In addition, in rural areas there are local buyers or collectors of crop residues, particularly cowpea hay, groundnut haulm and bush hay, who often transport these feeds with donkeys and camels to urban and suburban areas for sale mainly to feed sellers. The System-Wide Livestock Program reports negative environmental impacts of total removal of crop residues from soil, driven partly by market opportunities in urban and suburban areas in a study based on trade-offs between stover and haulm in the dry savannah of Ghana, Nigeria and Niger (25). But this trend of total removal of crop residues from soil will probably continue in the region (14).

These results reaffirm that the major production cost in urban and suburban livestock husbandry in the Sahel is feed cost which often accounts for at least 60% of total costs (10). The high cost

of feeds in suburban areas raises the question of profitability of livestock husbandry in this zone. In a study on suburban smallholder dairy production by Debrah et al. (10) in Bamako in 1990, the authors reported that the production cost ranged from 110 to 195 FCFA per liter of milk, whereas a liter of milk was sold between 100 and 250 FCFA, which showed that the profit was minimal if any at all, if milk alone was considered as the farm product. Although this study is old, the trend concerning the profitability of smallholder dairy in a suburban zone is not likely to be different today, even if the milk price has increased in Bamako compared to that of the 1990s. Optimization of livestock feeding strategies in terms of what and how much is offered is therefore critical to reduce waste, enhance resource use efficiency and thus generate profit in these urban and suburban areas (18, 22). It will be necessary to provide information or practical guidelines on what to feed the animals, what quantities, and in what

**Table VI**  
Four scenarios<sup>1</sup> for the feed costs of sheep fattening in the West African Sahel based on diets formulated in Table I

	Scenario			
	Early dry season sale - Tabaski	Early dry season sale - Normal	Late dry season sale - Tabaski	Late dry season sale - Normal
a. Total feed required for 90 days' fattening (kg DM)	135	135	135	135
b. Total feed cost for cowpea-based diet if 100 kg = 29,008 FCFA <sup>2</sup> in early dry season and 39,480 in late dry season	39,160	39,160	53,298	53,298
c. Total feed cost for concentrate-based diet if 100 kg = 15,406 FCFA in early dry season and 15,870 in late dry season	20,798	20,798	21,425	21,425
d. Buying price of 25 kg ram at 400 FCFA/kg in early dry season and 300 in late dry season	10,000	10,000	7,500	7,500
e. Sales price at 34 kg (FCFA)	57,800	28,900	51,000	25,500
f. Net return for cowpea-based diet (e, b, d) (FCFA)	8,640	-20,260	-9,798	-35,298
g. Net return for concentrate-based diet (e, c, d) (FCFA)	27,002	-1,898	22,075	-3,425

<sup>1</sup> Duration of fattening was 90 days; daily diet offered (on dry matter basis) was 1.5 kg. In the early dry season the price of ram during an ordinary period was assumed to be 850 FCFA/kg live weight (LW), whereas it was twice that during the Tabaski (1,700 FCFA/kg LW). If the initial weight was 25 kg and average daily gain was 100 g/day (Ayantunde et al., 2008), the selling weight was 34 kg. For the late dry season the price of ram during an ordinary period was assumed to be 750 FCFA/kg LW, whereas it was twice that during the Tabaski (1,500 FCFA/kg LW). The sales price of animals was generally cheaper in the late dry season because many animals were for sale in the markets due to feed scarcity.

<sup>2</sup> 1 USD ≈ 500 FCFA

combinations with other feeds to meet different production objectives. However, it has to be emphasized that there are livestock keepers in urban and suburban areas of West Africa's Sahel whose objective is not strictly to make profit, particularly those who are relatively wealthy. These livestock keepers establish livestock enterprises, often smallholder dairy with crossbred cows (local breeds crossed with European breeds) as an expression of their wealth and sometimes of their culture, especially those who are from pastoral ethnic groups. For poor livestock keepers in urban and suburban areas, the challenge of making profit through their livestock enterprise is always present and they address this by taking their animals to graze on the outskirts of towns thereby reducing feed cost.

The high prices of feed types such as cowpea hay and groundnut haulm in the markets we monitored were a reflection of the high demand for these feeds and not of their quality as shown by the results of the relationship between price and quality. For example, the prices of cowpea hay and groundnut haulm were at least twice that of concentrate feeds for most of the year despite the fact that their nutritional quality in terms of crude protein, ME and IVOMD was comparable all year round. Livestock keepers could easily reduce their feed cost by feeding concentrates instead of cowpea hay and groundnut haulm but this did not happen for two reasons. Firstly, there is a general perception among livestock keepers in suburban areas of West Africa's Sahel that cowpea hay and groundnut haulm are the best feeds particularly for animal fattening and for dairy cows (5). Its origin might be found in the long tradition of feeding animals with cowpea hay and groundnut haulm (3). Secondly, concentrates for ruminants are relatively new in the markets in Bamako and livestock keepers are not yet well informed on the nutritional quality of these feeds, which might have accounted for their low demand and low price despite their

good nutritional quality. However, it has to be noted that concentrates cannot completely replace cowpea hay and groundnut haulm because ruminants need fiber in their diet.

Given the growing livestock population in urban and suburban areas of West Africa's Sahel and the associated rise in the demand for livestock feeds (5, 11, 15), there are market opportunities for fodder production in the region. Fodders can be grown along the banks of Niger River in Bamako, Mali, and Niamey, Niger, but they will have to face stiff competition for land from vegetable and crop production which is widespread along the river banks (15) in both cities. In addition, available land is decreasing in most suburban areas of West Africa as a result of increased urbanization (1). Another challenge to fodder production is availability of seed because most of the varieties of cowpea and groundnut in the region are mainly for grain production and they are unsuitable for fodder production (18). According to these authors forage yield and quality are not often part of selection criteria in groundnut improvement programs in West Africa. In the case of cowpea, dual-purpose varieties have been developed in the region but the adoption has been local and low (24).

The results of the nutritional quality of different feed types sold at the five feed markets in Bamako generally agree with results in the West African Sahel reported by other authors (3, 5, 17, 20, 23). For example, the values in our study of 284 to 390 g/kg DM for crude protein content for cottonseed cake were similar to those reported by Kiema et al. (17), and Sanon et al. (23). The values in our study for crude protein content of groundnut haulm were slightly higher than those of 82 to 126 g/kg DM reported by Nantoumé et al. (20). This could be attributed to a higher leaf to stem ratio of groundnut haulm sold in the markets compared to those used in the feeding trials by the above-mentioned authors as reflected by lower NDF

and ADF values in our study than those reported by these authors (20). The nutritional quality of the browse species (*Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*, *Pterocarpus erinaceus*) sold at the surveyed markets was generally good in terms of crude protein, digestibility and ME. However, their tannin content is a major limiting factor to their nutritional value in the diet of ruminants (5).

The analysis of variance revealed that the quality of feed did not influence the price but that the season did. Moreover, the results confirmed that the interplay between demand and supply, which is largely influenced by the season with respect to crop residues, determines the prices in suburban markets (14). The high cost of crop residues (cowpea hay, groundnut haulm and bush hay) in the wet season could be attributed to the acute scarcity of these feeds during this period as markets still depended on crop residues from the previous cropping season and, by then, the stocks were usually very low. In addition, the high costs of cowpea hay and groundnut haulm observed in this study could also be attributed to the high demand in the wet season because of the Tabaski. In view of the availability of pastures in the wet season on the outskirts of many towns in the West African Sahel, Graef et al. report that many livestock keepers usually take out their animals for grazing during the day and give them supplements such as cottonseed cake, cereal bran, cowpea hay and groundnut haulm upon return (15). According to these authors, livestock keepers in urban and suburban areas that cannot take out their animals for grazing because of the nature of their work usually hire herders often paid in cash to do it. From the perspective of price, livestock feeds (crop residues) prices are lowest in the early dry season, particularly after the grain harvest. Livestock keepers could take advantage of this situation by buying crop residues at that time although their bulkiness poses the problem of storage.

The cost-benefit analysis of using cowpea hay and concentrate feed for sheep fattening showed that it was not profitable in suburban areas during an ordinary period. However, it was profitable during the Tabaski when the sales price of sheep was generally high. Sheep fattening in the West African Sahel is mainly driven by the Tabaski because of the large Muslim population in the region (4). Despite the high price of cowpea hay and groundnut haulm, many people in suburban areas still used them for sheep fattening but often offered these feeds in much lower quantities than we assumed in our analysis to minimize costs. Besides, many people did not usually offer a balanced diet to their animals at the quantity assumed in our calculations and for the whole duration of fattening.

## ■ CONCLUSION

As a result of the increase in livestock population and the associated growth in the demand for feeds, feed markets have sprung up in many cities and towns of West Africa's Sahel. Results from the survey of five livestock feed markets in Bamako showed that there was no relationship between feed price and quality but that the main determinant was the season. In view of the high price of crop residues, particularly cowpea hay and groundnut haulm, there are market opportunities for fodder production in suburban areas of West Africa's Sahel. More studies are needed to understand further the reasons for the high prices of some feeds such as cowpea hay and groundnut haulm over most of the year, and to investigate the social economic profiles of feed buyers, their reasons for buying different feed types, and their perception of feed quality. Future studies should also assess the cost and benefit of selling feeds, seasonal variations in volumes of different feeds, provenance of feeds, and sellers' perception of quality.

## REFERENCES

1. AFRICAN DEVELOPMENT BANK, 2014. The Bank's human capital strategy for Africa (2014–2018). Tunis, Tunisia, African Development Bank, OSHD.
2. AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL, 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford, UK, CAB International.
3. AYANTUNDE A.A., DELFOSSE P., FERNANDEZ-RIVERA S., GERARD B., DAN-GOMMA A., 2007. Supplementation with groundnut haulms for sheep fattening in the West African Sahel. *Trop. Anim. Health Prod.*, **39**: 207-216.
4. AYANTUNDE A.A., FERNANDEZ-RIVERA S., DAN-GOMMA A., 2008. Sheep fattening with groundnut haulms and millet bran in the West African Sahel. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **61**: 215-220.
5. BAYALA J., KY-DEMBELE C., KALINGANIRE A., OLIVIER A., NANTOUME H., 2014. A review of pasture and fodder production and productivity for small ruminants in the Sahel. Nairobi, Kenya, World Agroforestry Centre. (ICRAF Occasional Paper No 21)
6. DE BOEVER J.L., COTTYN B.G., VANACKER J.M., BOUCQUE C.V., 1995. The use of NIRS to predict the chemical composition and the energy value of compound feeds for cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **51**: 243-253.
7. BULDGEN A., DETIMMERMAN F., PIRAUX M., COMPERE R., 1992. Sheep fattening techniques in the sahelo-sudanes region of Senegal. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop.*, **45**: 321-328. [in French with English abstract]
8. CELLULE DE PLANIFICATION ET DE STATISTIQUE, 2001. Recueil des statistiques du secteur rural. Bamako, Mali, ministère du Développement rural.
9. DAN-GOMMA A., 1998. Influence du type de fourrage et de différents niveaux de supplément en son de mil sur les performances de croissance et à l'abattage des ovins au Niger. Mém. Diplôme Ing. Agron., Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 71 p.
10. DEBRAH S., SISSOKO K., SOUMARE S., 1995. Economic study of dairy production in the area around Bamako (Mali). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **48**: 101-109. [in French with English abstract]
11. DIOGO R.V.C., BUERKERT A., SCHLECHT E., 2010. Resource use efficiency in urban and peri-urban sheep, goat and cattle enterprises. *Animal*, **4**: 1725-1738.
12. DIOGO R.V.C., SCHLECHT E., BUERKERT A., RUFFINO M.C., VAN WIJK M.T., 2013. Increasing nutrient use efficiency through improved feeding and manure management in urban and peri-urban livestock units of a West African city: A scenario analysis. *Agric. Syst.*, **114**: 64-72.
13. DIRECTION NATIONALE DES PRODUCTIONS ET DES INDUSTRIES ANIMALES, 2013. Rapport annuel sur les effectifs de cheptel au Mali en 2012. Bamako, Mali, ministère de l'Élevage et de la Pêche.
14. FAO, 2014. Crop residues and agro-industrial by-products in West Africa: Situation and way forward for livestock production. Rome, Italy, FAO.
15. GRAEF S., SCHLECHT E., BUERKERT A., 2008. Opportunities and challenges of urban and peri-urban agriculture in Niamey, Niger. *Outl. Agric.*, **37**: 47-56.
16. HIERNAUX P., AYANTUNDE A.A., 2004. The Fackara: a semi-arid agro-ecosystem under stress. Niamey, Niger, ICRISAT / Desert Margins Programme, 95 p.
17. KIEMA A., NIANOGO A.J., OUEDRAOGO T., SOMDA J., 2008. Valorisation des ressources alimentaires locales dans l'embouche ovine paysanne : performances technicoéconomiques et options de diffusion. *Cah. Agric.*, **17** : 23-27.
18. LARBI A., DUNG D.D., OLORUNJU P.E., SMITH J.W., TANKO R.J., MUHAMMAD I.R., ADEKUNLE I.O., 1999. Groundnut (*Arachis hypogaea*) for food and fodder in crop-livestock systems: forage and seed yields, chemical composition and rumen degradation of leaf and stem fractions of 38 cultivars. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **77**: 33-47.
19. MILLOGO V., OUEDRAOGO G.A., AGENAS S., SVENNERSTEN-SJAUNJA K., 2008. Survey on dairy cattle milk production and milk quality problems in peri-urban areas in Burkina Faso. *Afri. J. Agric. Res.*, **3**: 215-224.
20. NANTOUME H., KOURIBA A., TOGOLA D., OUOLOGUEM B., 2000. Evaluation of the feeding value of forages and byproducts used for feeding small ruminants. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **53**: 279-284. [in French with English abstract]

21. RISCHKOWSKY B., SIEGMUND-SCHULTZE M., BEDNARZ K., KILLANGA S., 2006. Urban sheep keeping in West Africa: Can socio-economic household profiles explain management and productivity? *Hum. Ecol.*, **34**: 785-807.

22. SANON H.O., KANWE B.A., 2002. Les cultures fourragères pour des productions animales durables. In : Forum national de la recherche scientifique et des innovations technologiques, Ouagadougou, Burkina Faso, 11-18 mai 2002.

23. SANON H.O., KABORE-ZOUNGRANA C., LEDIN I., 2008. Nutritive value and voluntary feed intake by goats of three browse fodder species in the Sahelian zone of West Africa. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **144**: 97-110.

24. SINGH B.B., LARBI, A., TABO R., DIXON A.G.O., 2004. Trends in development of crop varieties for improved crop-livestock systems in West Africa. In: Williams T.O., Tarawali S.A., Hiernaux P., Fernandez-Rivera S. Eds., Sustainable crop-livestock production for improved livelihoods and natural resource management in West Africa. Nairobi, Kenya, ILRI / Wageningen, Netherlands, CTA, p. 371-388.

25. SYSTEM-WIDE LIVESTOCK PROGRAMME, 2010. Balancing livestock needs and soil conservation: Assessment of opportunities in intensifying cereal-legume-livestock systems in West Africa. Final Report. Addis Ababa, Ethiopia, ILRI.

26. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE, 1987. SAS/STAT for personal computers. Cary, NC, USA, SAS Institute.

27. TIFFEN M., 2004. Population pressure, migration and urbanization: impacts on crop-livestock systems development in West Africa. In: Williams T.O., Tarawali S.A., Hiernaux P., Fernandez-Rivera S. Eds., Sustainable crop-livestock production for improved livelihoods and natural resource management in West Africa. Nairobi, Kenya, ILRI / Wageningen, Netherlands, CTA, p. 3-27.

Accepté le 01.10.2014

## Résumé

**Ayantunde A.A., Blummel M., Grings E., Duncan A.J.** Prix et qualité des aliments du bétail dans les marchés périurbains du Sahel Ouest africain : étude de cas à Bamako, Mali

Dans les villes du Sahel Ouest africain, les activités liées à l'élevage, comme la production laitière des petits exploitants et l'engraissement du bétail (bovins, ovins et caprins), sont devenues très répandues pour satisfaire aux besoins en alimentation du ménage et pour générer des revenus. L'importance accrue de l'agriculture urbaine et périurbaine, en particulier des activités d'élevage dans la région, a contribué à une croissance rapide du cheptel dans la plupart des grandes villes. En réponse à cette croissance et, ainsi, à la demande accrue en aliments, des marchés des aliments du bétail se sont développés dans plusieurs grandes villes du Sahel Ouest africain. Une enquête sur les marchés des aliments du bétail a été conduite au Mali dans cinq marchés de Bamako. Le prix des aliments a été suivi mensuellement de janvier à décembre 2010. En outre, des échantillons d'aliments ont été collectés pour analyser leur qualité nutritionnelle. Les résultats ont montré que les prix de la fane de niébé et de la fane d'arachide étaient plus élevés que ceux des autres aliments tout au long de l'année. Le prix de la fane de niébé a varié entre 367 FCFA/kg de matière sèche (1 USD ≈ 500 FCFA) en octobre, soit juste après la récolte, et 667 FCFA/kg en août, pendant la saison humide. Les résultats ont également montré qu'il n'y avait pas de relation entre le prix et la qualité pour tous les types d'aliments. Cependant, leur prix et leur qualité ont considérablement varié en fonction des saisons, indiquant que la saison était un déterminant majeur du prix des aliments de bétail dans les zones périurbaines du Sahel Ouest africain.

**Mots-clés:** Bétail – Agriculture périurbaine – alimentation pour animaux – Prix – Qualité – Valeur nutritive – Marché des produits agricoles – Sahel.

## Resumen

**Ayantunde A.A., Blummel M., Grings E., Duncan A.J.** Precio y calidad de alimento para ganado en mercados suburbanos en el Sahel de África del Oeste: Análisis de un caso en Bamako, Malí

En las ciudades del Sahel de África del Oeste, la cría de ganado, en forma de pequeños productores lecheros y de engorde de carne (bovino, ovino y caprino), se está tornando popular entre los propietarios de ganado, con el fin de satisfacer las necesidades en alimento para los hogares y para generación de ingresos. La creciente importancia de agricultura urbana y suburbana en la región, particularmente cría de ganado, ha llevado a un aumento rápido de la población de ganado en la mayoría de las ciudades y pueblos grandes. Como resultado de este aumento en la población de ganado y el crecimiento asociado con la demanda de alimentos, han surgido mercados alimenticios en varias ciudades y pueblos del Sahel de África del Oeste. Una encuesta sobre los mercados de alimentación de ganado fue llevada a cabo en cinco mercados de Bamako, Malí. Los precios de los alimentos de ganado fueron monitorizados mensualmente de enero a diciembre 2010. Además, se colectaron muestras de alimentos de los mercados para análisis de laboratorio, con el fin de determinar la calidad nutricional. Los resultados muestran que los precios de heno de caupí y tallo de maní fueron consistentemente más elevados que los de otros alimentos a lo largo del año. El precio del heno de caupí varió alrededor de 367 FCFA/kg de materia seca (MS) (1 USD ≈ 500 FCFA) en octubre, por ejemplo inmediatamente después de la cosecha, hasta 667 FCFA/kg MS en agosto, por ejemplo durante la estación seca. Los resultados también muestran que no hubo relación entre precio y calidad para todos los alimentos. Sin embargo, los precios y la calidad de los alimentos difirieron significativamente a través de las estaciones, sugiriendo que la estación fue un mayor determinante para el precio de los alimentos de ganado en las zonas suburbanas del Sahel del Oeste de África.

**Palabras clave:** Ganado – Agricultura peri urbana – Pienso – Precio – Calidad – Valor nutritivo – Mercado de productos básicos – Sahel.



# Effets de la substitution des graines torréfiées de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (*Vigna unguiculata*) et du niveau de protéines alimentaires sur les performances zootechniques et la rentabilité économique de l'élevage de poulets de race locale (*Gallus gallus*) au Burkina Faso

S. Ouattara<sup>1\*</sup> V.M.C. Bougouma-Yameogo<sup>1</sup>  
A.J. Nianogo<sup>2</sup> H. Ouedraogo<sup>3</sup>

## Mots-clés

*Gallus gallus* – Poulet – Poussin – Niébé – Protéine – Alimentation des animaux – Performance animale – Rentabilité – Burkina Faso.

## Résumé

La présente étude a eu pour but d'évaluer les effets de la substitution des graines torréfiées de soja (*Glycine max*) par celles de niébé (*Vigna unguiculata*) et du niveau de protéines alimentaires sur les performances zootechniques et la rentabilité économique des poulets de race locale (*Gallus gallus*) au Burkina Faso. Trois cents poussins de race locale de 12 jours d'âge ont été répartis en 12 lots de 25 sujets chacun. Quatre régimes alimentaires incorporant des graines de niébé ou de soja et ayant des niveaux protéiques différents pour le démarrage et la croissance et finition ont été préparés. Les paramètres zootechniques (poids vif, gain pondéral, ingéré et indice de consommation), et la mortalité ont été relevés une fois toutes les deux semaines du 12<sup>e</sup> au 138<sup>e</sup> jour d'âge. Au 138<sup>e</sup> jour, quatre sujets (deux mâles et deux femelles) de chaque lot ont été abattus afin d'évaluer les caractéristiques des carcasses et des organes sélectionnés. Une évaluation de la rentabilité comparée des différents régimes a été faite. La substitution des graines torréfiées de soja par celles de niébé n'a pas eu d'effet dépressif sur les performances zootechniques ni sur les paramètres d'abattage du poulet local. De même, l'utilisation de ces graines n'a pas dégradé la rentabilité économique. Enfin, l'augmentation du taux de protéines dans les régimes a amélioré significativement ( $p \leq 0,05$ ) les gains de poids et a permis de réduire la durée d'élevage des poulets de ces régimes de deux semaines environ.

## ■ INTRODUCTION

L'aviculture traditionnelle qui est l'élevage des volailles indigènes, couramment appelées « volailles de race locale », est pratiquée par 86 p. 100 des ménages ruraux et compte plus de 98 p. 100 des 39,7 millions de têtes de volailles au Burkina Faso (27). Elle représente ainsi l'un des piliers de la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté des populations rurales. Plusieurs raisons expliquent cette importance. Tout d'abord, ces volailles jouent un important

rôle socioculturel ; elles sont utilisées dans des sacrifices rituels et des cérémonies religieuses, comme les mariages et les baptêmes (20, 38), et sous forme de cadeaux. Ensuite, elles sont mieux adaptées au niveau technique des éleveurs ruraux qui sont en majorité sans formation technique. En outre, le poulet local est fortement demandé par le marché aussi bien local, que national et sous-régional ; cette forte demande entraîne actuellement la commercialisation des poulets à un âge plus précoce que par le passé, caractérisé par des poids en général inférieurs à un kilogramme. Enfin, le cycle court des volailles et le faible besoin de financement au départ font de l'aviculture traditionnelle un secteur de prédilection pour les ménages à faibles revenus. Ainsi, la poule locale constitue une importante source de revenu pour les paysans (15, 37).

En dépit de cette importance, la filière doit faire face à des difficultés d'ordre technique, alimentaire et sanitaire (27). Sur le plan technique, les volailles de races locales bénéficient rarement

1. Université polytechnique de Bobo Dioulasso, Institut de développement rural, 01 BP 1091 Bobo Dioulasso ; 01 BP 1907 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

2. Union internationale pour la conservation de la nature, Ouagadougou, Burkina Faso.

3. Ministère des Ressources animales et halieutiques, Ouagadougou, Burkina Faso.

\*Auteur pour la correspondance

E-mail : tbounze@yahoo.fr ; bouval2000@yahoo.fr

d'une alimentation rationnelle. Elles s'alimentent généralement de déchets ménagers (20, 32). Ainsi, leur potentiel génétique, même faible, n'est pas toujours valorisé. Les éleveurs qui ont compris la nécessité de bien alimenter les volailles sont confrontés à un problème d'approvisionnement en matières premières, notamment les sources de protéines. Celles qui existent sont chères ou comportent des facteurs antinutritionnels. La situation est encore plus difficile pour les producteurs ruraux qui doivent quelques fois parcourir plusieurs centaines de kilomètres pour y accéder.

La présente étude a eu pour objectif de contribuer à la résolution de cette contrainte à travers l'utilisation de matières premières locales, en l'occurrence les graines de niébé (*Vigna unguiculata*). Le niébé est une légumineuse à cycle court (60 jours), avec des besoins en pluviosité inférieurs à 500 mm/an, et peu exigeant sur le plan pédologique (10). Il est ainsi cultivé partout au Burkina Faso qui est le quatrième producteur mondial, après le Nigeria, le Niger et le Mali (10). La consommation nationale n'absorbe que 42 p. 100 de la production, le reste étant exporté vers les pays voisins (Ghana, Bénin, Togo) (23). Les graines de niébé sont essentiellement utilisées dans l'alimentation humaine, ce qui en fait un ingrédient bien connu des populations. Ces graines contiennent en moyenne de 20 à 25 p. 100 de protéines (5, 26, 39) avec un profil en acides aminés comparable à celui du soja (41). L'utilisation des graines de niébé en alimentation avicole, jadis mal connue (18), est de plus en plus fréquente (1, 3, 11). Elles contiennent des facteurs antinutritionnels, comme les tanins, les antitrypsiques, les phytates, les hémagglutinants et des composés phénoliques (31, 33, 39), contre lesquels plusieurs techniques sont utilisées, comme la cuisson, la torréfaction, le dépelliculage ou la supplémentation de charbon végétal (3, 18).

Dans la présente étude, les graines de niébé ont été utilisées en substitution à celles de soja dans les régimes alimentaires des poussins de race locale. Elles ont été torréfiées au feu de bois, afin de dénaturer les facteurs antinutritionnels. La torréfaction a été préférée à la cuisson humide ou à l'autoclavage en raison de sa relative facilité d'application à petite échelle en toute saison et en milieu paysan.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### Site et poulailler

L'étude a été conduite au Centre de promotion de l'aviculture villageoise (Cpavi) à Ouagadougou au Burkina Faso. La température de ce site assez boisé a varié entre 17 et 42 °C au cours de l'essai qui a été mené entre le 15 octobre 2012 et le 12 mars 2013.

Le poulailler était un bâtiment de 300 m<sup>2</sup>, construit en matériaux définitifs, à ventilation naturelle, muni d'ouvertures latérales grillagées orientées perpendiculairement (nord-sud) aux vents dominants. Après la désinfection, il a été cloisonné en 12 box de 3 m<sup>2</sup> chacun, séparés les uns des autres par des seccos en paille et délimités latéralement par des barrières grillagées. Le sol a été recouvert de copeaux de bois. Le bâtiment a été éclairé et chauffé au démarrage à l'aide de lampes à pétrole et d'un fourneau à charbon. Chaque box a été équipé de mangeoires et d'abreuvoirs correspondant aux différents âges.

### Animaux et régimes expérimentaux

Trois cents poussins de race locale, âgés d'un jour et non sexés, dont les deux tiers provenaient d'œufs éclos au Cpavi et le reste avait été acheté auprès d'aviculteurs suivis à cet effet, ont été utilisés dans cet essai. Ils ont été vaccinés contre la maladie de

Newcastle, la maladie de Gumboro, la bronchite infectieuse et la variole, puis régulièrement déparasités.

Quatre régimes alimentaires comprenant chacun un sous-régime démarrage et un sous-régime croissance et finition ont été préparés avec deux sources différentielles de protéines végétales (graines de soja ou graines de niébé torréfiées) et deux niveaux de protéines brutes pour la même phase (tableaux I et II).

Régime N-B : graines de niébé et taux bas de protéines

N-B Démarrage comprend 10,0 p. 100 de niébé, 0 p. 100 de soja et 17,5 p. 100 de protéines ;

N-B Croissance et finition comprend 15,0 p. 100 de niébé, 0 p. 100 de soja et 15,0 p. 100 de protéines.

Régime N-E : graines de niébé et taux élevé de protéines

N-E Démarrage comprend 10,0 p. 100 de niébé, 0 p. 100 de soja et 20,0 p. 100 de protéines au démarrage ;

N-E Croissance et finition comprend 15,0 p. 100 de niébé, 0 p. 100 de soja et 17,5 p. 100 de protéines.

Régime S-B : graines de soja et taux bas de protéines

S-B Démarrage comprend 0 p. 100 de niébé, 10,0 p. 100 de soja et 17,5 p. 100 de protéines ;

S-B Croissance et finition comprend 0 p. 100 de niébé, 15,0 p. 100 de soja et 15,0 p. 100 de protéines.

Régime S-E : graines de soja et taux élevé de protéines

S-E Démarrage comprend 0 p. 100 de niébé, 10,0 p. 100 de soja et 20,0 p. 100 de protéines ;

S-E Croissance et finition comprend 0 p. 100 de niébé, 15,0 p. 100 de soja et 17,5 p. 100 de protéines.

Pour une même phase, tous les régimes ont été formulés iso-énergétiques : 2 800 kcal/kg au démarrage et 2 950 kcal/kg pendant la croissance et la finition. Les graines de niébé utilisées pour la préparation des régimes ont été achetées sur le marché local et torréfiées pendant 65 min afin d'éliminer les facteurs antinutritionnels. La température moyenne de sortie des graines du torréfacteur a été de 105 °C. Cette opération a été effectuée dans un torréfacteur artisanal d'une capacité de 40 kg avec chauffage au feu de bois. En ce qui concerne les autres ingrédients, y compris les graines torréfiées de soja, ils ont été achetés dans un magasin de vente d'intrants zootechniques et correspondaient aux matières premières effectivement disponibles pour les aviculteurs.

### Analyse de la composition des régimes

Les analyses bromatologiques des régimes ont porté sur les protéines brutes, les matières grasses, les cendres totales, la cellulose brute (laboratoire Provimi, France), le calcium et le phosphore (laboratoires Midwest au Canada).

### Méthodes

Le taux de protéines brutes a été calculé par la méthode de Kjeldahl ( $n \times 6,25$ ). La masse de cendres totales a été obtenue par incinération de l'échantillon à 550 °C. Le taux de matières grasses a été mesuré par la méthode d'extraction sous reflux par l'éther de pétrole. Le taux de cellulose brute a été déterminé par le traitement successif de l'échantillon à l'acide sulfurique dilué et à l'hydroxyde de potassium bouillants (méthode de Weende).

L'énergie métabolisable (EM) a été calculée selon l'équation :

$EM \text{ (kcal/kg de matière sèche)} = 3\,951 + 54,4 \times \% \text{ matière grasse} - 88,7 \times \% \text{ cellulose brute} - 40,8 \times \% \text{ cendres}$  (17). Les taux de calcium et de phosphore total ont été analysés par Midwest par la technique de spectrométrie d'émission atomique du plasma à couplage inductif avec du gaz d'argon.



### Allotement du matériel animal et répartition des régimes expérimentaux

Tous les poussins ont été élevés ensemble pendant onze jours avant d'être allotés. A 12 jours d'âge, ils ont été répartis en 12 lots de 25 sujets chacun par tirage aléatoire raisonné selon le poids. Ils ont été identifiés à l'aide de boucles alaires, afin de permettre un suivi individuel des poids. Chaque lot a reçu l'un des quatre régimes alimentaires par tirage aléatoire, soit trois répétitions par régime.

### Distribution de l'aliment et de l'eau

Tous les poussins ont reçu de la semoule de maïs jaune pendant les trois premiers jours du fait de difficultés d'acheminement de ceux achetés auprès des producteurs ruraux, et ce, dans le souci de les soumettre tous aux mêmes contraintes alimentaires. Ils ont ensuite été soumis à l'aliment commercial "poussins locaux" du

Cpavi jusqu'à leur allotement. Le service de l'aliment démarrage a été fait du 12<sup>e</sup> au 75<sup>e</sup> jour et l'aliment croissance et finition du 76<sup>e</sup> jour à l'abattage le 138<sup>e</sup> jour. La distribution de l'aliment et de l'eau a été réalisée à 8 h et à 15 h suivant un plan qui respecte une consommation *ad libitum*. Les refus d'aliments ont été pesés en fin de semaine et ceux de l'eau avant tout nouveau service.

### Abattage

A la fin de l'essai, deux mâles et deux femelles ont été choisis aléatoirement dans chaque lot, soit 48 sujets au total, pesés et abattus, en vue d'apprécier l'effet des régimes sur les rendements carcasses et sur certains organes. Ils ont été abattus par saignée, plumés à l'eau chaude, éviscérés, puis certains organes isolés (cuisses et pilons, ailes, et filet). L'animal vivant, ainsi que les plumes, la carcasse (sans tête ni cou ni pattes), le gésier, le foie, le cœur, les cuisses et pilons, les ailes, et le filet ont été pesés.

Tableau I

Composition centésimale (%) et valeur nutritionnelle des régimes de démarrage

Ingrédient	N-B	S-B	N-E	S-E
Maïs jaune	59,00	59,50	54,80	55,00
Son de blé	9,40	12,40	6,60	10,30
Soja	0,00	10,00	0,00	10,00
Niébé	10,00	0,00	10,00	0,00
Tourteau de coton	5,87	6,80	9,45	9,35
Farine de poisson	10,58	6,15	14	10,20
Coquilles d'huîtres	2,00	2,00	2,00	2,00
Chlorure de sodium	0,30	0,30	0,30	0,30
Premix	0,25	0,25	0,25	0,25
Méthionine	0,20	0,20	0,20	0,20
Lysine	0,30	0,30	0,30	0,30
Phosphate	2,00	2,00	2,00	2,00
Sulfate de fer	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100
<b>Composition et valeur nutritionnelle calculée (% brut)</b>				
Energie métabolisable (kcal) <sup>1</sup>	2 803	2 803	2 804	2 804
Protéines brutes (%)	17,50	17,50	20,00	20,00
Lysine (%)	1,11	1,05	1,28	1,23
Méthionine (%)	0,55	0,52	0,60	0,58
Méthionine + cystine (%)	0,84	0,82	0,91	0,89
Calcium (%)	1,99	1,70	2,21	1,96
Phosphore disponible (%)	0,77	0,62	0,85	0,73
<b>Valeur nutritionnelle analysée (% brut)</b>				
Energie métabolisable (kcal)	3 252	3 322	3 338	3 293
Humidité	6,90	6,70	6,80	6,50
Cendres totales	9,00	8,50	7,80	9,60
Protéines brutes	16,80	17,50	21,00	20,60
Cellulose brute	3,60	3,80	3,40	4,10
Matières grasses	4,20	5,40	4,60	6,00
Calcium	2,00	2,00	1,90	2,10
Phosphore total	0,70	0,70	0,70	0,70

Tableau II

Composition centésimale (%) et valeur nutritionnelle des régimes de croissance et finition

Ingrédient	N-B	S-B	N-E	S-E
Maïs jaune	66,35	66,62	62,98	62
Son de blé	5,10	10,60	0,35	8,80
Soja	0,00	15,00	0,00	15,00
Niébé	15,00	0,00	15,00	0,00
Tourteau de coton	0,00	0,00	6,52	2,20
Farine de poisson	8,40	2,63	10,00	6,85
Coquilles d'huîtres	2,00	2,00	2,00	2,00
Chlorure de sodium	0,30	0,30	0,30	0,30
Premix	0,25	0,25	0,25	0,25
Méthionine	0,20	0,20	0,20	0,20
Lysine	0,30	0,30	0,30	0,30
Phosphate	2,00	2,00	2,00	2,00
Sulfate de fer	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100
<b>Valeur nutritionnelle calculée (% brut)</b>				
Energie métabolisable (kcal) <sup>1</sup>	2 951	2 950	2 950	2 950
Protéines brutes	15,00	15,02	17,50	17,50
Lysine	0,99	0,93	1,13	1,11
Méthionine	0,50	0,47	0,54	0,53
Méthionine + cystine	0,77	0,75	0,83	0,82
Calcium	1,86	1,48	1,97	1,75
Phosphore disponible	0,71	0,51	0,74	0,63
<b>Valeur nutritionnelle analysée (% brut)</b>				
Energie métabolisable (kcal)	3 339	3 443	3 242	3 455
Humidité	7,40	7,60	7,00	7,10
Cendres totales	8,70	7,20	10,80	8,40
Protéines brutes	14,50	15,10	17,70	17,70
Cellulose brute	2,40	2,90	2,90	3,10
Matières grasses	4,10	6,00	4,30	7,10
Calcium	2,00	1,80	2,20	2,00
Phosphore total	0,70	0,50	0,80	0,70

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

<sup>1</sup> Calculée d'après la composition analysée par l'équation :

énergie métabolisable (kcal/kg de matière sèche) = 3 951 + 54,4 x %matière grasse – 88,7 x %cellulose brute – 40,8 x %cendres (Hornick et coll., 2003)

## Mesure des paramètres et évaluation économique

L'évolution pondérale a été suivie une fois toutes les deux semaines par pesée individuelle. Les gains moyens quotidiens (GMQ) par sujet et par régime ont été calculés à partir des poids individuels des sujets, suivant la formule :

$$\text{GMQ (g/jour)} = \text{gain de poids réalisé pendant la période (g)} / \text{durée (jours)}$$

Les consommations journalières d'aliments (CA) et d'eau (CE) par sujet, le ratio eau sur aliment (REA), les indices de consommation (IC), le rendement carcasse (RC), la masse des plumes (P) et le taux de mortalité (TM) ont été évalués à partir des moyennes par lot, selon les formules suivantes :

$$\text{CA (g)} = (\text{quantité servie} - \text{quantité refusée}) / \text{nombre de sujets}$$

$$\text{CE (g)} = (\text{quantité d'eau servie} - \text{quantité refusée}) / \text{nombre de sujets}$$

$$\text{REA} = \text{CE/CA}$$

$$\text{IC} = \text{consommation alimentaire (g)} / \text{gain de poids réalisé (g)} \text{ pendant la même période}$$

$$\text{RC (\%)} = 100 \times \text{poids carcasse} / \text{poids vif}$$

$$\text{P (g)} = \text{poids du poulet après saignée (g)} - \text{poids du poulet plumé (g)}$$

$$\text{TM (\%)} = 100 \times (\text{effectif initial} - \text{effectif final}) / \text{effectif initial}$$

Les rendements des organes (RO) (gésier, foie, cœur, cuisses et pilons, ailes, et blanc) ont été évalués en pourcentage selon la formule :

$$\text{RO} = 100 \times \text{poids de l'organe (g)} / \text{poids vif}$$

L'analyse économique a été faite sur la base du poids vif et du coût de l'alimentation, représentant en même temps le coût brut de production (CBP), afin de comparer les rentabilités des différents régimes. Le calcul du coût des rations a été réalisé sur la base des prix des matières premières sur le marché local. Le prix de l'alimentation (PA) du poulet vivant a été évalué à différents âges à partir du 82<sup>e</sup> jour. Il a été calculé selon la formule :

$$\text{PA} = \text{indice de consommation} \times \text{poids vif (kg)} \times \text{prix du kg d'aliment}$$

Le prix de vente du poulet (PVP) a été évalué sur la base de son poids et du prix correspondant sur le marché local. Le bénéfice brut par poulet (BBP, exprimé en francs CFA) a été évalué selon l'expression :  
BBP = PVP – CBP

## Analyse statistique

Les données collectées ont été soumises à des Anova à trois facteurs (sexe, source et taux de protéines) pour les poids et les gains moyens quotidiens, et à deux facteurs (source et taux de protéines) pour les autres paramètres. Les données ont été traitées avec le logiciel SPSS version 20.1, suivant le modèle linéaire généralisé (GLM). La séparation des moyennes a été faite par le test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## ■ RESULTATS

### Taux de mortalité

Les taux de mortalité enregistrés ont varié au démarrage entre 10,7 p. 100 (N-E) et 30,7 p. 100 (S-B), et entre 5,2 p. 100 (S-E) et 16,6 p. 100 (N-E) à la croissance et finition. Sur l'ensemble de l'expérience, ils ont varié entre 25,3 p. 100 (N-B) et 34,7 p. 100 (S-B), avec des écarts types très élevés (tableau III). La source et le taux de protéines ont engendré des différences significatives ( $p < 0,05$ ) en faveur du niébé et du taux élevé de protéines au démarrage (tableau III) selon le test de Tukey. Toutefois, les signes cliniques et les autopsies réalisées sur les carcasses ont révélé que certains cas de mortalités ont été provoqués par la maladie de

Newcastle et la variole aviaire, tandis que d'autres ont été consécutifs à des paralysies ou à des agressions entre sujets.

### Performances de croissance

L'incorporation des graines torréfiées de niébé dans l'alimentation des poulets locaux n'a pas eu d'effet dépressif sur leur croissance pondérale ; aucune différence significative liée à la source différentielle de protéines dans les régimes n'a été constatée (tableau IV). En revanche, des différences significatives ont été observées ( $p \leq 0,05$ ) selon le taux de protéines, du 54<sup>e</sup> jour d'âge à la fin de l'essai (138<sup>e</sup> jour) avec une meilleure performance des lots alimentés avec les régimes à taux élevés en protéines. Pour la même période, les poulets de sexe mâle ont présenté une croissance significativement ( $p < 0,05$ ) supérieure à celle des femelles (tableau IV). Les sujets du régime comportant le soja avec un taux élevé de protéines (S-E) ont en général présenté les meilleurs poids, tandis que les plus faibles ont été observés avec le régime contenant le soja et le taux bas de protéines (S-B) (tableau IV).

Les gains moyens quotidiens des poulets des différents régimes n'ont pas présenté de différences significatives ( $p \geq 0,05$ ) entre eux selon la source de protéines pour les trois périodes considérées. En revanche, des différences significatives ont été observées pendant la période de démarrage et la période totale, selon le taux de protéines. Par ailleurs, des différences significatives ( $p < 0,05$ ) ont été enregistrées en faveur des mâles, sur l'ensemble des périodes considérées (tableau V). Les poulets du régime S-E ont présenté les meilleurs GMQ pour les deux sexes et pendant toutes les périodes ; les GMQ les plus faibles ont été enregistrés chez les poulets du régime S-B. Des différences significatives ( $p < 0,05$ ) ont par ailleurs été observées entre les performances de ces deux régimes pendant la période de démarrage et sur l'ensemble de la durée de l'expérimentation (tableau V).

**Tableau III**

Taux de mortalité ( $\pm$  écart type) en fonction de la source et du taux de protéines

Régime	Démarrage	Croissance finition	Total
<b>Effet source et taux</b>			
N-B	21,3 $\pm$ 6,11	5,4 $\pm$ 5,56	25,3 $\pm$ 10,07
N-E	10,7 $\pm$ 2,31	16,4 $\pm$ 6,87	25,3 $\pm$ 6,11
S-B	30,7 $\pm$ 8,33	6,3 $\pm$ 6,70	34,7 $\pm$ 12,22
S-E	21,3 $\pm$ 8,33	5,5 $\pm$ 5,56	25,3 $\pm$ 12,22
Probabilité (0,05)	0,87	0,14	0,46
<b>Effet source de protéines</b>			
Niébé	16,0 <sup>a</sup> $\pm$ 7,16	10,9 $\pm$ 8,23	25,3 $\pm$ 7,45
Soja	26,0 <sup>b</sup> $\pm$ 9,03	5,9 $\pm$ 5,52	30,0 $\pm$ 12,07
Probabilité (0,05)	0,03	0,20	0,46
<b>Effet taux de protéines</b>			
Taux bas	26,0 <sup>b</sup> $\pm$ 8,29	5,8 $\pm$ 5,53	30,0 $\pm$ 11,24
Taux élevé	16,0 <sup>a</sup> $\pm$ 8,00	10,9 $\pm$ 8,20	25,3 $\pm$ 8,64
Probabilité (0,05)	0,03	0,19	0,46

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

<sup>a, b</sup> Les exposants différents sur une même colonne pour un même effet indiquent des différences significatives ( $p > 0,05$ ).

**Consommation alimentaire**

Les consommations alimentaires moyennes des poulets n'ont été significativement influencées ni par la source, ni par le taux de protéines (tableau VI). Toutefois, les régimes à base de soja (S-B et S-E) ont été légèrement mieux consommés que ceux à base de niébé (N-B et N-E), notamment pendant la période de démarrage (tendance avec  $p = 0,07$ ).

**Indice de consommation**

Les indices de consommation obtenus ont été légèrement meilleurs pour les régimes comportant les graines de niébé. La différence a été significative ( $p = 0,03$ ) pendant la période de croissance et finition (tableau VI). Pour l'ensemble de la période expérimentale, les indices de consommation ont été de 4,4 (N-E) à 4,9 (S-B). Ils ont varié entre 3,2 (N-B et S-E) et 3,6 (S-B) au démarrage, et

**Tableau IV**

Evolution du poids vif (g) des poulets en fonction de l'âge, du sexe, de la source et du taux de protéines dans la ration

Régime	12 jours	26 jours	40 jours	54 jours	68 jours
<b>Effet source et taux de protéines</b>					
N-B	50 ± 3,5	120 ± 7,2	225 ± 16,2	365 <sup>ab</sup> ± 33,7	545 <sup>ab</sup> ± 52,1
N-E	52 ± 1,5	118 ± 9,9	222 ± 22,2	365 <sup>ab</sup> ± 26,1	535 <sup>ab</sup> ± 47,0
S-B	52 ± 2,8	121 ± 18,7	227 ± 32,3	353 <sup>a</sup> ± 35,3	498 <sup>a</sup> ± 60,7
S-E	50 ± 1,9	129 ± 17,2	241 ± 18,3	401 <sup>b</sup> ± 20,5	601 <sup>b</sup> ± 40,7
Probabilité (0,05)	0,40	0,42	0,37	0,03	0,00
<b>Effet source de protéines</b>					
Niébé	51 ± 2,8	119 ± 35,1	223 ± 66,9	364 ± 109,9	538 ± 141,2
Soja	51 ± 2,4	124 ± 42,0	236 ± 70,3	371 ± 104,5	555 ± 131,5
Probabilité (0,05)	0,80	0,34	0,28	0,24	0,58
<b>Effet taux de protéines</b>					
Taux bas	51 ± 3,3	120 ± 37,0	226 ± 65,8	360 <sup>a</sup> ± 101,8	524 <sup>a</sup> ± 139,1
Taux élevé	51 ± 2,0	123 ± 40,3	232 ± 71,6	383 <sup>b</sup> ± 106,5	567 <sup>b</sup> ± 131,2
Probabilité (0,05)	0,97	0,63	0,56	0,03	0,01
<b>Effet sexe</b>					
Femelles	50 ± 2,1	123 ± 36,7	225 ± 64,3	356 <sup>a</sup> ± 94,5	510 <sup>a</sup> ± 117,7
Mâles	52 ± 2,8	120 ± 40,5	233 ± 72,8	387 <sup>b</sup> ± 111,9	581 <sup>b</sup> ± 144,9
Probabilité (0,05)	0,17	0,49	0,51	0,00	0,00
Régime	82 jours	96 jours	110 jours	124 jours	138 jours
<b>Effet source et taux de protéines</b>					
N-B	712 <sup>ab</sup> ± 46,9	907 <sup>ab</sup> ± 68,4	1 067 <sup>ab</sup> ± 89,7	1 229 <sup>ab</sup> ± 104,4	1 356 <sup>ab</sup> ± 108,4
N-E	697 <sup>ab</sup> ± 76,8	907 <sup>ab</sup> ± 89,1	1 074 <sup>ab</sup> ± 131,7	1 209 <sup>ab</sup> ± 152,4	1 320 <sup>ab</sup> ± 134,0
S-B	664 <sup>a</sup> ± 55,1	827 <sup>a</sup> ± 88,0	995 <sup>a</sup> ± 111,2	1 124 <sup>a</sup> ± 127,2	1 243 <sup>b</sup> ± 125,5
S-E	778 <sup>b</sup> ± 60,6	982 <sup>b</sup> ± 94,7	1 159 <sup>b</sup> ± 121,1	1 317 <sup>b</sup> ± 133,1	1 435 <sup>a</sup> ± 123,7
Probabilité (0,05)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Effet source de protéines</b>					
Niébé	703 ± 156,7	905 ± 163,6	1 070 ± 181,3	1 218 ± 201,1	1 334 ± 187,0
Soja	727 ± 153,4	912 ± 178,2	1 084 ± 202,1	1 231 ± 225,3	1 349 ± 217,4
Probabilité (0,05)	0,30	0,90	0,74	0,95	0,98
<b>Effet taux de protéines</b>					
Taux bas	692 <sup>a</sup> ± 150,3	874 <sup>a</sup> ± 174,0	1 039 <sup>a</sup> ± 183,8	1 188 <sup>a</sup> ± 204,8	1 309 <sup>a</sup> ± 201,7
Taux élevé	737 <sup>b</sup> ± 157,3	941 <sup>b</sup> ± 161,1	1 113 <sup>b</sup> ± 192,4	1 260 <sup>b</sup> ± 215,4	1 372 <sup>b</sup> ± 198,2
Probabilité (0,05)	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
<b>Effet sexe</b>					
Femelles	664 <sup>a</sup> ± 123,2	831 <sup>a</sup> ± 114,1	970 <sup>a</sup> ± 119,0	1 106 <sup>a</sup> ± 148,9	1 233 <sup>a</sup> ± 153,8
Mâles	764 <sup>b</sup> ± 167,4	983 <sup>b</sup> ± 183,0	1 180 <sup>b</sup> ± 191,7	1 340 <sup>b</sup> ± 202,3	1 447 <sup>b</sup> ± 187,3
Probabilité (0,05)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

<sup>a, b</sup> Les exposants différents sur une même colonne pour un même effet indiquent des différences significatives ( $p > 0,05$ ).

entre 5,5 (N-E) et 6,2 (S-B) pendant la période de croissance et finition.

### Consommation hydrique

Les consommations d'eau et les ratios eau/aliment n'ont présenté aucune différence significative, ni selon le taux ni selon la source de protéines. Toutefois, les sujets alimentés avec les régimes à base de graines de soja ont présenté des consommations d'eau en général plus élevées (tableau VI).

### Paramètres d'abattage

La source de protéines n'a pas eu d'effets significatifs (tableau VII) sur les rendements carcasses, les quantités de plumes et les proportions d'organes internes (gésiers, foie, cœur) ou issus de la carcasse (cuisses et pilons, ailes, et blanc). En revanche, des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) en lien avec le taux de protéines ont été observées pour la carcasse (en faveur du taux élevé) et pour les gésiers (en faveur du taux bas). Les rendements carcasses ont varié entre 60,3 p. 100 (S-B) et 62,7 p. 100 (N-E), ceux des gésiers entre 1,9 (S-E) et 2,3 (N-B et S-B).

Les régimes à base de niébé ont engendré des rendements de cuisses et pilons, et de blanc légèrement supérieurs à ceux des poulets des régimes comportant le soja, alors que ces derniers ont induit des quantités de plumes plus élevées (tableau VII).

Tableau V

Gain moyen quotidien par période en fonction du sexe, de la source et du taux de protéines

Régime	Démarrage	Croissance finition	Total
<b>Effet source et taux</b>			
N-B	8,9 <sup>ab</sup> ± 0,89	11,6 ± 1,23	10,4 <sup>ab</sup> ± 0,86
N-E	8,6 <sup>ab</sup> ± 0,82	11,2 ± 1,51	10,1 <sup>ab</sup> ± 1,06
S-B	8,0 <sup>a</sup> ± 1,07	10,6 ± 1,03	9,5 <sup>a</sup> ± 0,99
S-E	9,8 <sup>b</sup> ± 0,71	11,9 ± 1,60	11,0 <sup>b</sup> ± 0,97
Probabilité (0,05)	0,00	0,08	0,00
<b>Effet source de protéines</b>			
Niébé	8,7 ± 0,83	11,4 ± 1,33	10,2 ± 0,93
Soja	8,9 ± 1,31	11,3 ± 1,45	10,2 ± 1,23
Probabilité (0,05)	0,56	0,79	0,97
<b>Effet taux de protéines</b>			
Taux bas	8,4 <sup>a</sup> ± 1,05	11,1 ± 1,19	9,9 <sup>a</sup> ± 1,00
Taux élevé	9,2 <sup>b</sup> ± 0,97	11,6 ± 1,53	10,5 <sup>b</sup> ± 1,08
Probabilité (0,05)	0,01	0,31	0,02
<b>Effet sexe</b>			
Femelles	8,3 <sup>a</sup> ± 0,94	10,5 <sup>a</sup> ± 1,02	9,5 <sup>a</sup> ± 0,70
Mâles	9,4 <sup>b</sup> ± 0,90	12,2 <sup>b</sup> ± 1,06	11,0 <sup>b</sup> ± 0,83
Probabilité (0,05)	0,00	0,00	0,00

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

<sup>a, b</sup> Les exposants différents sur une même colonne pour un même effet indiquent des différences significatives ( $p > 0,05$ ).

### Age d'entrée en ponte

Les premiers œufs ont été observés à la 19<sup>e</sup> semaine, entre le 127<sup>e</sup> et le 130<sup>e</sup> jour, pour tous les régimes. Les poules du régime S-E ont été les premières à pondre, suivies de celles des régimes N-B et N-E le lendemain, et enfin celles du régime S-B trois jours plus tard.

### Analyse économique de l'essai

Les prix du kilogramme d'aliment ont varié entre 242 (S-B) et 259 FFCA (N-E) au démarrage, et entre 243 (S-B) et 263 FCFA (N-E) à la croissance et finition. Aux mêmes taux de protéines, les régimes à base de niébé ont été plus chers que ceux à base de soja. Aussi, pour la même source de protéines, les régimes riches en protéines ont été plus chers (tableau VIII).

Les pesées effectuées dans les marchés de volailles ont montré que l'exploitation des poulets locaux débutait à un poids de 700 g environ au prix moyen de 2 000 FCFA. A âges types, les coûts bruts de production (alimentation) des poulets ont été en général dans le même ordre de grandeur, sans distinction de source ni de taux de protéines (tableau IX) ; le régime S-E a été le plus cher. En ce qui concerne les prix moyens de vente des poulets, ils ont également été dans le même ordre de grandeur ; cependant, les régimes comportant des taux élevés de protéines ont en général obtenu les prix de vente les plus élevés.

Le bénéfice brut par poulet a été régulièrement croissant jusqu'au 110<sup>e</sup> jour pour tous les régimes. A partir de cet âge, une baisse a été observée dans les régimes comportant des taux élevés de protéines (S-E et N-E) ; cette baisse n'est survenue chez les autres qu'au 124<sup>e</sup> jour d'âge (tableau IX). Aucune différence en rapport avec la source ou le taux de protéines n'a été observée entre les bénéfices bruts par poulet.

## ■ DISCUSSION

### Taux de mortalité

Les taux de mortalité enregistrés dans cette expérience ont été supérieurs à ceux rapportés par d'autres auteurs (4, 20) mais similaires à ceux de 9,1 à 40,9 p. 100 rapportés par Ayssiwede et coll. (7). Les niveaux élevés des écarts types observés montrent que les mortalités n'étaient pas liées aux régimes mais à d'autres facteurs, notamment les pathologies comme la maladie de Newcastle et la variole (possible échec des vaccinations), les agressions entre sujets, et les cas de paralysie éventuellement dues à une avitaminose D consécutive à la claustration totale.

### Performances de croissance

La différence de source de protéines végétales n'a pas eu d'impact significatif ( $p \geq 0,05$ ) sur les performances de croissance des poulets tout au long de l'expérience. Ce résultat pourrait s'expliquer par la similitude de la valeur nutritive des deux légumineuses et notamment leur profil en acides aminés (41). Il montre également que le traitement thermique appliqué aux graines de niébé a été efficace.

Des différences significatives relatives au taux de protéines ont été constatées entre le 54<sup>e</sup> et le 138<sup>e</sup> jour d'âge. Ce résultat est en accord avec d'autres observations selon lesquelles l'efficacité alimentaire est supérieure pour l'aliment le plus riche en protéines (30). La similitude des performances de croissance des deux régimes comportant le niébé, malgré la différence des taux de protéines, va dans le même sens que les observations de Ndegwa et coll. (28) qui n'ont pas observé de différences entre les

performances de croissance des poulets locaux du Kenya alimentés avec des régimes alimentaires comptant 17 à 23 p. 100 de protéines.

Les poids vifs de 498 à 601 g à l'âge de 68 jours ont été similaires à ceux de 449 à 633 g obtenus au Sénégal à 10 semaines (6) avec le même type de poulets, et supérieurs à ceux obtenus au Burkina

Tableau VI

Paramètres de consommation en fonction de la période, de la source et du taux de protéines

	Régime	CA (g/jour)	IC	CE (g/jour)	REA
<b>Démarrage</b>	<b>Effet source et taux de protéines</b>				
	N-B	28,1 ± 1,14	3,2 ± 0,31	39,0 ± 1,16	1,4 ± 0,04
	N-E	28,2 ± 1,05	3,4 ± 0,05	36,8 ± 0,30	1,3 ± 0,04
	S-B	29,9 ± 1,36	3,6 ± 0,40	37,5 ± 3,20	1,3 ± 0,03
	S-E	30,4 ± 2,60	3,2 ± 0,13	42,4 ± 7,57	1,4 ± 0,15
	p (0,05)	0,81	0,14	0,18	0,06
	<b>Effet source de protéines</b>				
	Niébé	28,1 ± 0,98	3,3 ± 0,22	37,9 ± 1,42	1,4 ± 0,07
	Soja	30,1 ± 1,88	3,4 ± 0,31	40,0 ± 5,85	1,3 ± 0,12
	p (0,05)	0,07	0,46	0,42	0,42
	<b>Effet taux de protéines</b>				
	Taux bas	29,0 ± 1,49	3,4 ± 0,38	38,3 ± 2,30	1,3 ± 0,09
	Taux élevé	29,3 ± 2,16	3,3 ± 0,12	39,6 ± 5,68	1,3 ± 0,11
	p (0,05)	0,77	0,71	0,59	0,75
	<b>Croissance et finition</b>	<b>Effet source et taux de protéines</b>			
N-B		60,0 ± 2,51	5,6 ± 0,18	97,0 ± 12,36	1,6 ± 0,14
N-E		58,9 ± 4,97	5,5 ± 0,15	98,0 ± 8,82	1,7 ± 0,03
S-B		63,2 ± 3,85	6,2 ± 0,43	102,9 ± 12,47	1,6 ± 0,18
S-E		61,7 ± 5,06	5,7 ± 0,14	107,2 ± 11,16	1,7 ± 0,04
p (0,05)		0,94	0,14	0,80	0,72
<b>Effet source de protéines</b>					
Niébé		59,5 ± 3,58	5,5 ± 0,15	97,5 ± 9,61	1,6 ± 0,10
Soja		62,5 ± 4,11	5,9 ± 0,40	105,1 ± 10,85	1,7 ± 0,13
p (0,05)		0,25	0,03	0,28	0,52
<b>Effet taux de protéines</b>					
Taux bas		61,6 ± 3,39	5,9 ± 0,45	100,0 ± 11,55	1,6 ± 0,15
Taux élevé		60,3 ± 4,75	5,6 ± 0,15	102,6 ± 10,32	1,7 ± 0,05
p (0,05)		0,59	0,11	0,70	0,28
<b>Durée totale</b>		<b>Effet source et taux de protéines</b>			
	N-B	45,9 ± 1,47	4,5 ± 0,21	71,3 ± 6,72	1,6 ± 0,11
	N-E	45,2 ± 2,36	4,4 ± 0,22	70,8 ± 4,83	1,6 ± 0,03
	S-B	48,4 ± 2,62	4,9 ± 0,30	73,8 ± 8,32	1,5 ± 0,15
	S-E	47,8 ± 3,39	4,5 ± 0,15	78,4 ± 8,60	1,6 ± 0,06
	p (0,05)	1,00	0,32	0,57	0,40
	<b>Effet source de protéines</b>				
	Niébé	45,5 ± 1,79	4,5 ± 0,20	71,0 ± 5,24	1,6 ± 0,07
	Soja	48,1 ± 2,73	4,7 ± 0,29	76,1 ± 7,97	1,6 ± 0,12
	p (0,05)	0,12	0,09	0,26	0,69
	<b>Effet taux de protéines</b>				
	Taux bas	47,1 ± 2,36	4,7 ± 0,31	72,5 ± 6,91	1,5 ± 0,12
	Taux élevé	46,5 ± 2,96	4,5 ± 0,18	74,6 ± 7,50	1,6 ± 0,06
	p (0,05)	0,68	0,14	0,63	0,29

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

CA : consommation alimentaire ; IC : indice de consommation ; CE : consommation d'eau ; REA : ratio eau/aliment

Tableau VII

Paramètres d'abattage des poulets locaux en fonction de la source et du taux de protéines

Régime	Poids vif (g)	Plumes (g)	Carcasse (%)	Gésier (%)	Foie (%)	Cœur (%)	C/P (%)	Ailes (%)	Filet (%)
<b>Effet source et taux de protéines</b>									
N-B	1 288 <sup>ab</sup> ± 4,3	149 ± 28,9	61,8 <sup>ab</sup> ± 0,87	2,3 <sup>b</sup> ± 0,20	1,8 ± 0,27	0,48 ± 0,07	21,2 ± 0,57	7,8 ± 0,25	12,3 ± 1,45
N-E	1 275 <sup>ab</sup> ± 44,0	140 ± 31,2	62,7 <sup>b</sup> ± 0,31	2,0 <sup>ab</sup> ± 0,12	1,8 ± 0,16	0,54 ± 0,04	20,9 ± 0,90	7,6 ± 0,52	12,9 ± 1,69
S-B	1 186 <sup>a</sup> ± 73,2	164 ± 46,3	60,3 <sup>a</sup> ± 0,81	2,3 <sup>b</sup> ± 0,36	2,1 ± 0,27	0,58 ± 0,14	20,1 ± 0,47	7,9 ± 0,14	10,7 ± 0,81
S-E	1 428 <sup>b</sup> ± 81,8	165 ± 25,9	62,5 <sup>b</sup> ± 0,65	1,9 <sup>a</sup> ± 0,14	1,7 ± 0,13	0,46 ± 0,05	20,3 ± 1,01	7,7 ± 0,45	12,2 ± 0,53
p (0,05)	0,01	0,7	0,02	0,55	0,29	0,11	0,54	0,95	0,54
<b>Effet source de protéines</b>									
Niébé	1 282 ± 28,81	144 ± 29,1	62,2 ± 0,79	2,1 ± 0,21	1,8 ± 0,20	0,51 ± 0,06	21,0 ± 0,70	7,7 ± 0,38	12,6 ± 1,45
Soja	1 307 ± 149,74	165 ± 35,8	61,4 ± 1,36	2,1 ± 0,34	1,9 ± 0,27	0,52 ± 0,12	20,2 ± 0,72	7,8 ± 0,32	11,4 ± 1,04
p (0,05)	0,48	0,16	0,06	0,73	0,38	0,92	0,09	0,64	0,13
<b>Effet taux de protéines</b>									
Taux bas	1 237 <sup>a</sup> ± 72,66	157 ± 37,6	61,0 <sup>a</sup> ± 1,10	2,3 <sup>b</sup> ± 0,26	2,0 ± 0,28	0,53 ± 0,11	20,6 ± 0,78	7,8 ± 0,19	11,5 ± 1,38
Taux élevé	1 352 <sup>b</sup> ± 102,20	153 ± 30,4	62,6 <sup>b</sup> ± 0,47	1,9 <sup>a</sup> ± 0,14	1,7 ± 0,13	0,50 ± 0,06	20,6 ± 0,91	7,7 ± 0,44	12,5 ± 1,19
p (0,05)	0,01	0,77	0,00	0,03	0,11	0,56	0,93	0,44	0,16

C/P : cuisses et pilons

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

a, b Les exposants différents sur une même colonne pour un même effet indiquent des différences significatives (p &gt; 0,05).

Tableau VIII

Prix unitaire des différents régimes alimentaires (FCFA/kg)

Période	N-B	S-B	N-E	S-E
Démarrage	250	242	259	251
Croissance et finition	255	243	263	252

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

Tableau IX

Evaluation de la rentabilité économique des poulets en fonction de l'âge, de la source et du taux de protéines

Paramètre (FCFA)	Régime	82 jours	96 jours	110 jours	124 jours	138 jours
Coût brut de production du poulet	N-B	611	840	1 058	1 288	1 586
	N-E	636	849	1 058	1 294	1 571
	S-B	598	790	1 000	1 239	1 660
	S-E	673	892	1 121	1 364	1 585
Prix de vente du poulet	N-B	2 250	2 500	2 750	3 000	3 083
	N-E	2 083	2 500	2 833	3 000	3 083
	S-B	2 083	2 333	2 667	2 917	3 000
	S-E	2 250	2 667	2 917	3 083	3 333
Bénéfice brut par poulet	N-B	1 639	1 660	1 692	1 712	1 527
	N-E	1 448	1 651	1 775	1 706	1 497
	S-B	1 486	1 543	1 667	1 677	1 489
	S-E	1 577	1 775	1 796	1 719	1 674

N-B : régime contenant du niébé avec un taux bas de protéines ; N-E : régime contenant du niébé avec un taux élevé de protéines ; S-B : régime contenant du soja avec un taux bas de protéines ; S-E : régime contenant du soja avec un taux élevé de protéines

Faso avec des poussins de race locale (36) et avec les poussins indigènes du Sénégal (7). Ces auteurs rapportent des poids de 254 à 450 g entre 10 et 12 semaines d'âge.

Les poids moyens par sexe de 1 233 g pour les femelles et de 1 447 g pour les mâles à 138 jours ont été supérieurs à ceux de 1 022 et 1 132 g observés au Malawi à 20 semaines, respectivement chez les femelles et les mâles élevés dans des conditions intensives (16). Ces variations de performances s'expliquent par les différences d'alimentation et de conduite suivant les expérimentateurs.

Pour l'ensemble de la période expérimentale, les GMQ ont été entre 9,5 et 11,0 g. Ils ont été supérieurs à ceux observés entre 6 et 18 semaines au Sénégal avec des poulets alimentés à base de régimes comportant différents taux de feuilles de *Moringa oleifera* (GMQ de 5,60 g) (8) et de *Cassia tora* (GMQ de 7,81 g) (7). Ils ont cependant été similaires à ceux d'autres auteurs (7,77 à 12,2 g) pour les mêmes âges (6, 14, 19).

Les performances de croissance des mâles ont été significativement supérieures à celles des femelles pour l'ensemble des régimes utilisés. Ces résultats sont en accord avec ceux issus de travaux antérieurs (4, 19).

### Consommation alimentaire

L'utilisation des graines torréfiées de niébé n'a pas induit de baisse majeure de consommation alimentaire, à l'exception d'une légère diminution pendant la phase de démarrage. L'appétence de l'aliment n'a donc pas été dégradée par l'introduction de niébé traité artisanalement. L'absence de différence relative au taux de protéines s'explique par la similitude du profil énergétique des régimes ; le niveau protéique aurait peu d'influence sur la prise alimentaire si les rations sont iso-énergétiques (13, 26, 35).

Les consommations moyennes pendant la période de croissance et finition de 58,9 (N-E) à 63,2 g (S-B) ont été inférieures à celles de 64,8 à 70,6 g observées au Kenya (19) pour des régimes de 14 à 18 p. 100 de protéines pendant la même période. Les prises alimentaires moyennes comprises entre 44,51 et 49,93 g par jour ont été supérieures à celles de 25,66 à 39,75 g entre 6 et 18 semaines d'âge rapportées par d'autres auteurs (7, 8), mais similaires à celles de 39,86 à 51,06 g obtenues chez des poulets alimentés avec différents taux de feuilles de *Leucaena leucocephala* (6). Ces différences s'expliqueraient par les gaspillages, et la différence de conditions environnementales, de niveaux énergétique des aliments et entre les souches.

### Indice de consommation

Les IC ont été un peu meilleurs avec les régimes comportant les graines de niébé par rapport à ceux contenant les graines de soja. Des différences significatives ont été par ailleurs observées pendant la période de croissance et finition. Cette tendance s'explique par une consommation légèrement moins forte des régimes comportant les graines de niébé, avec malgré tout une croissance comparable à celle des régimes comportant le soja. Les indices de consommation de 4,4 à 4,9 observés sur l'ensemble du cycle ont été supérieurs à ceux de 3,16 à 4,2 d'autres auteurs avec des régimes à différents niveaux protéiques et énergétiques (14, 25), mais similaires à ceux de 4,5 à 5,5 observés au Burkina Faso (27). Cependant, ils ont été inférieurs à ceux de 4,79 à 8,87 relevés au Sénégal (7, 8).

### Consommation hydrique

La consommation d'eau légèrement plus élevée chez les poulets des régimes à base de soja pourrait être due à la richesse de cette légumineuse en potassium (2, 12).

### Paramètres d'abattage et de découpe

Aucune différence significative n'a été observée pour les rendements carcasses et organes par rapport à la source de protéines ; cela indique une similitude de transformation des deux légumineuses. Des différences significatives ( $p \leq 0,05$ ) relatives au taux de protéines ont été observées en faveur des régimes qui en étaient les plus riches. Inversement les poulets des régimes les moins riches en protéines ont présenté des proportions d'abats plus importantes, avec même des différences significatives pour les gésiers. Cette tendance s'explique par le gain de poids vif supérieur chez les poulets des régimes plus riches en protéines. Cette supériorité de gain de poids explique également l'importance proportionnelle des abats chez les poulets alimentés avec des régimes qui en sont moins riches, ceux-ci ayant présenté des poids vifs plus faibles.

Les rendements carcasses obtenus au cours de l'essai ont été similaires à ceux de 61,4 à 65,0 p. 100 obtenus au cours de travaux antérieurs au Cameroun (14). Cependant, ils ont été inférieurs aux rendements de 66 à 80 p. 100 obtenus au Burkina Faso (20), en Côte d'Ivoire (21) et au Sénégal (7). Ces variations s'expliquent par les différences des conditions d'élevage, d'alimentation et d'appréciation de la notion de carcasse.

Enfin, la forte masse des plumes pour les poulets des régimes à base de soja pourrait s'expliquer par une plus forte disponibilité des acides aminés soufrés du soja que ceux du niébé. En effet, la kératine, qui est la composante majeure des plumes, est une protéine essentiellement constituée d'acides aminés soufrés (40). Les masses de plumes obtenues dans cette étude ont été supérieures à celles de 82,0 à 119,4 g rapportées par d'autres auteurs (14, 21).

### Age d'entrée en ponte

L'utilisation des graines de niébé dans l'alimentation des poussins de race locale du Burkina Faso n'a pas induit d'effets dépressifs sur leur âge d'entrée en ponte. La différence de taux de protéines n'a pas également eu d'impact sur l'âge d'entrée en ponte des poules. En effet, les premiers œufs ont été observés dans un intervalle de quatre jours pour l'ensemble des régimes. Cela indique que la nature des matières premières a peu compté dans la maturité sexuelle des volailles et que chacun des deux niveaux de protéines appliqués a satisfait leurs besoins nutritionnels en lien avec la maturité sexuelle. L'âge observé pour l'entrée en ponte a été similaire à celui observé par d'autres auteurs (13, 34) qui l'ont situé entre quatre et cinq mois.

### Evaluation économique

Les prix des régimes ont concordé avec ceux pratiqués par les fabricants locaux d'aliments (250 à 300 FCFA/kg) mais ils ont été supérieurs à ceux du Cpavi (225 à 230 FCFA/kg).

Le coût relativement élevé des régimes à base de niébé est lié à la nécessité de compenser ses déficits protéiques et énergétiques par l'augmentation des autres ingrédients, notamment la farine de poisson et le tourteau de coton (tableaux I et II). Le prix élevé des régimes plus riches en protéines est dû à celui des sources de protéines (9, 29).

Les poids observés à l'âge de 82 jours correspondant à ceux des poulets trouvés sur le marché montrent que les régimes testés ont réduit l'âge d'exploitation de la poule locale.

Les baisses de marges brutes observées au 110<sup>e</sup> jour (S-E et N-E) et au 124<sup>e</sup> jour (N-B et S-B) montrent que ces périodes correspondent aux âges optimaux pour la vente des poulets (tableau IX)

dans nos conditions expérimentales. La meilleure alimentation a donc contribué à réduire la durée d'élevage des poulets.

## ■ CONCLUSION

Cette étude a montré la faisabilité technique de l'incorporation du niébé dans les rations de poulets locaux en croissance. Une absence d'effet dépressif a été notée sur la consommation alimentaire, sur les performances de croissance et sur les rendements carcasses. Cependant, le taux de protéines du régime a eu un impact significatif sur les performances de croissance et les rendements carcasses en faveur des régimes plus riches.

Par ailleurs, l'analyse économique a montré que dans les conditions de l'étude le régime comportant les graines de soja avec un taux élevé de protéines était le plus intéressant, le moins intéressant ayant été celui comportant des graines de soja avec un faible taux de protéines. Les deux régimes comportant les graines torréfiées de niébé ont été équivalents entre eux, avec des performances intermédiaires aux deux régimes comportant les graines de soja.

## Remerciements

Nous remercions le ministère des Ressources animales et halieutiques du Burkina Faso qui a financé ce travail à travers le projet Azawak Ressources pastorales.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ABDON T.Y.K., KHADIG A.A., BAKHEIT M.D., HIND A.A.E., HAWAIDA E.E.M., KHALID M.E., 2013. Effect of treated cowpea seeds on broiler chicken. *Glob. J. Anim. Sci. Res.*, **1**: 53-60.
2. AFRIQUE AGRICULTURE, 2006. Nutrition animale, alimentation de la volaille. *Afr. Agric.* (351) : 1-44.
3. AKANJI A.M., ADEBIYI A.O., ADEBOWALE O.S., FASINA O., OGUNGBESAN A.M., 2012. Performances characteristics and hematological studies of broilers chickens fed cowpea based diets. *J. Environ. Issues Agric. Dev. Ctries*, **4**: 79-85.
4. AKOUANGO F., BANDTABA P., NGOKAKA C., 2010. Croissance et productivité de la poule locale *Gallus domesticus* en élevage fermier au Congo. *Anim. Genet. Res.*, **46**: 61-65.
5. ASARE A.T., AGBEMAFLE R., ADUKPO G.E., DIABOR E., ADAMTEY K.A., 2013. Assessment of functional properties and nutritional composition of some cowpea (*Vigna unguiculata* L.) genotypes in Ghana. *J. Agric. Biol. Sci.*, **8**: 465-469.
6. AYSSIWEDÉ S.B., CHRYSOSTOME C.A.A.M., ZANMENO J.C., DIENG A., HOUINATO M.R., DAHOUDA M., AKPO Y., HORNICK J.L., MISSOHOU A., 2011. Growth performances, carcass and organs characteristics and economics results of growing indigenous Senegal chickens fed diets containing various levels of *Leucaena leucocephala* (Lam.) leaves. *Int J. Poult. Sci.*, **10**: 734-749.
7. AYSSIWEDÉ S.B., MISSOKO-MABEKI R., MANKOR A., DIENG A., HOUINATO M.R., CHRYSOSTOME C.A.A.M., DAHOUDA M., MISSOHOU A., HORNICK J.L., 2012. Effets de l'incorporation de la farine de feuilles de *Cassia tora* (Linn.) dans la ration alimentaire de jeunes poulets traditionnels du Sénégal. *Rev. Méd. Vét.*, **163** : 375-386.
8. BELLO H., 2010. Essai d'incorporation de la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans l'alimentation chez les poulets indigènes du Sénégal : effets sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et le résultat économique. Thèse Doct., Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires, Dakar, Sénégal, 84 p.
9. CIRAD-GRET, 2009. Mémento de l'agronome. Versailles, France, Quae, 1 692 p.

10. CISSE N., HALL A.E., 2003. Traditional cowpea in Senegal, a case study. [www.fao.org/ag/AGP/doc/publicat/cowpea\\_cisse\\_e.htm](http://www.fao.org/ag/AGP/doc/publicat/cowpea_cisse_e.htm) 27/07/2008
11. DEFANG H.F., TEGUIA A., AWAH-NDUKUM J., KENFACK A., NGOULA F., METUGE F., 2008. Performance and carcass characteristics of broilers fed boiled cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and or black common bean (*Phaseolus vulgaris*) meal diets. *Afr. J. Biotechnol.*, **7**: 1351-1356.
12. DENNERY G., DEZAT E., AUBERT C., 2012. L'eau en élevage avicole : une consommation maîtrisée. Paris, France, Itavi, 33 p.
13. EKEREN N.V., MAAS A., SAATKAMP H.W., VERSCHUUR M., 2006. L'élevage des poules à petite échelle. Wageningen, Pays Bas, Digigrafi, 97 p. (Agrodok 4)
14. FOTSA J.C., 2008. Caractérisation des populations de poules locales (*Gallus gallus*) au Cameroun. Thèse Doct. Université de Dschang, Cameroun / Agroparistech, France, 301 p.
15. FASINA F.O., MOHAMMED S.N., ONYEKONWU O.N., WAI M.D., 2007. Contribution de l'aviculture aux revenus des ménages : le cas de la municipalité de Jos South (Nigeria). *Avic. Fam.*, **17** : 30-34.
16. GONDWE T.N., WOLLNY C.B.A., 2005. Evaluation of the growth potential of local chickens in Malawi. *Int. J. Poult. Sci.*, **4**: 64-70.
17. HORNICK J.L., AKOUTEY A., ISTASSE L., 2003. Nutrition animale et bromatologie tropicales. Liège, Belgique, faculté de Médecine vétérinaire, 12 p. [webct.nutrition.be](http://webct.nutrition.be)
18. KANA J.R., TEGUIA A., FOMEKONG A., 2012. Effect of substituting soybean meal with cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) supplemented with natural plant charcoals in broiler diet on growth performances and carcass characteristics. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.*, **2**: 377-381.
19. KINGORI A.M., TUITOEK J.K., MUIRURI H.K., WACHIRA A.M., 2003. Protein requirements of growing indigenous chickens during the 14-21 weeks growing period. *South Afr. J. Anim. Sci.*, **33**: 78-82.
20. KONDOMBO S.R., 2005. Improvement of village chicken production in a mixed (chicken-ram) farming system. PhD Thesis, Wageningen University, Netherlands, 208 p.
21. KOUADIO K.E., KOUAO B.J., FANTODJI A., YAPI A.Y.L., 2010. Influence du système d'élevage sur la mortalité des poulets locaux de Côte d'Ivoire (*Gallus gallus domesticus* (Bres 1973) de l'éclosion au stade adulte. *J. Appl. Biosci.*, **32** : 2020-2026.
22. KOUADIO K.E., KOUAO B.J., KOUADJA G.S., FANTODJI A., YAPI A.Y.L., 2010. Influence du système d'élevage sur les caractéristiques physiques des carcasses des poulets locaux (*Gallus gallus domesticus*) en région forestière humide de Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4** : 2294-2302.
23. LANCON F., DRABO I., DABAT M.H., 2009. Appui à la définition de stratégie de développement des filières agro-sylvo-pastorales et halieutiques sélectionnées dans les régions d'intervention du PADAB II, goulot d'étranglement et actions pilotes. Ouagadougou, Burkina Faso, 101 p.
24. LARBIER M., LECLERCQ B., 1992. Nutrition et alimentation des volailles. Paris, France, INRA, 355 p.
25. MAGALA H., KUGONZA D.R., KWIZERA H., KYARISIIMA C.C., 2012. Influence of varying dietary energy and protein on growth and carcass characteristics of Ugandan local chickens. *J. Anim. Prod. Adv.*, **2**: 316-324.
26. MALIBOUNGOU J.C., LESSIRE M., HALLOUIS J.M., 1998. Chemical composition and metabolizable energy value of some feed resources for poultry in the Central African Republic. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **51**: 55-61. [in French with English abstract]
27. MINISTERE DES RESSOURCES ANIMALES ET HALIEUTIQUES, 2013. Référentiel technico économique pour la mise en place d'une exploitation de poulets de race locale, version II. Ouagadougou, Burkina Faso, MRAH, 50 p.
28. NDEGWA J., MEAD R., NORRISH P., KIMANI C.W., WACHIRA A., 2001. The growth performance of indigenous chickens fed diets containing different levels of protein during rearing. *Trop. Anim. Health Prod.*, **33**: 441-448.
29. OUATTARA S., 2008. Utilisation des graines de *Acacia macrostachya* Reichenb ex D.C. comme source de protéines dans l'alimentation des poulets de chair. Mémoire DEA, Institut de développement rural, Université polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 68 p.



30. OUHAYOUN J., DELMAS D., LEBAS F., 1979. Influence du taux de protéine de la ration sur la composition corporelle du lapin. *Ann. zootech.*, **28** : 453-458.
31. PASQUET R., FOTSO M., NOUBI L., TRECHE L., 1987. Comparaison de la valeur nutritionnelle de quelques légumineuses introduites ou en voie d'introduction au Cameroun. *Sci. Technol. Rev.*, **4** : 57-66.
32. POUSGA S., BOLY H., LINDERBERG J.E., OGLE B., 2005. Scavenging pullets in Burkina Faso: Effects of season, location and breed on feed and nutrient intake. *Trop. Anim. Health Prod.*, **37**: 623-634.
33. RIVAS-VEGA M.E., GOYTORTUA-BORES E., EZQUERRA-BRAUER J.M., SALAZAR-GARCIA M.G., CRUZ-SUAREZ L.E., NOLASCO H., CIVERA-CERECEDO R., 2006. Nutritional value of cowpea (*Vigna unguiculata* Walp) meals as ingredients in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone). *Food Chem.*, **97**: 41-49.
34. SANGARE M., 2005. Synthèse des résultats acquis en aviculture traditionnelle dans les systèmes de production animale d'Afrique de l'Ouest. Bobo Dioulasso, Burkina Faso, Cirades, 59 p.
35. SAUVANT D., 2004. Principes généraux de l'alimentation animale. Paris, France, INA Paris-Grignon, 147 p.
36. SESSOUMA A., 2004. Mise au point d'une formule alimentaire à base de produits locaux pour le démarrage des poussins en milieu rural. Mémoire Ingénieur Développement rural, Institut de développement rural, Université polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 77 p.
37. SHARMAR K., 2007. Rôle et pertinence de l'aviculture familiale rurale dans les pays en voie de développement : cas particulier de l'Inde. *Avic. Fam.*, **17** : 35-41.
38. SONAIYA E.B., SWAN S.E.J., 2004. Production en aviculture familiale. Un manuel technique. Rome, Italie, FAO, p. 140.
39. TSHOVHOTE N.J., NESAMVUNI A.E., RAPHULU T., GOUS R.M., 2003. The chemical composition, energy and amino acid digestibility of cowpeas used in poultry nutrition. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, **33**: 65-69.
40. WAMINO VETO, 2011. La mue physiologique chez les oiseaux. [www.wamino.com/veterinaire/](http://www.wamino.com/veterinaire/) (consulté 12.02.2014)
41. WIRYAWAN K.G., DINGLE J.G., 1999. Recent research on improving the quality of grain legumes for chicken. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **76**: 185-193.

Accepté le 26.11.2014

## Summary

**Ouattara S., Bougouma-Yameogo V.M.C., Nianogo A.J., Ouedraogo H.** Effects of substituting roasted soybean (*Glycine max*) seeds by those of cowpea (*Vigna unguiculata*), and of the protein level in the diet, on growth performance and profitability of local-breed chickens (*Gallus gallus*) in Burkina Faso

This study aimed to evaluate the effects of substituting roasted seeds of soya (*Glycine max*) by those of cowpea (*Vigna unguiculata*), and of the protein level in the diet, on growth performance and economic profitability of local-breed chickens (*Gallus gallus*) in Burkina Faso. Three hundred 12-day-old chicks were divided into 12 batches of 25 chicks each. Four diets incorporating seeds of cowpea or soya, with different protein levels for starting and growing/finishing, were prepared. Data on various parameters (body weight, weight gain, intake and feed conversion, mortality) were recorded once every two weeks from the 12th to the 138th day of age. At the 138th day, four chickens (two males and two females) from each batch were slaughtered to assess the characteristics of carcasses and selected organs. The comparative profitability of the different treatments was evaluated. Results indicate that the substitution of roasted seeds of soya by those of cowpea had no devaluing effect on growth performance nor on carcass characteristics of the local chicken. In addition, the use of these seeds did not decrease profitability. Lastly, increasing the protein level in the diets significantly ( $p \leq 0.05$ ) improved weight gains and reduced the duration of the breeding period by two weeks.

**Keywords:** *Gallus gallus* – Chicken – Chick – Cowpea – Protein – Animal feeding – Animal performance – Profitability – Burkina Faso.

## Resumen

**Ouattara S., Bougouma-Yameogo V.M.C., Nianogo A.J., Ouedraogo H.** Efectos de la sustitución de granos torreficados de soya (*Glycine max*) por los de caupí (*Vigna unguiculata*) y del nivel de proteínas alimenticias sobre los rendimientos zootécnicos y la rentabilidad económica de la cría de pollos de raza local (*Gallus gallus*) en Burkina Faso

El presente estudio tuvo por objetivo el de evaluar los efectos de la sustitución de granos torreficados de soya (*Glycine max*) por los de caupí (*Vigna unguiculata*) y del nivel de proteínas alimenticias sobre los rendimientos zootécnicos y la rentabilidad económica de los pollos de raza local (*Gallus gallus*) en Burkina Faso. Se repartieron trescientos pollitos de raza local de 12 días de edad, en 12 lotes de 25 individuos cada uno. Se prepararon cuatro regímenes alimenticios incorporando granos de caupí o de soya, con diferentes niveles de proteínas para el inicio y el crecimiento/acabado. Una vez cada dos semanas, del día 12 al 138 de edad se registraron los parámetros zootécnicos (peso vivo, ganancia ponderal, ingestión e índice de consumo) y la mortalidad. Al día 138, se sacrificaron cuatro individuos (dos machos y dos hembras) de cada lote, con el fin de evaluar las características de las carcasas y de algunos órganos seleccionados. Se hizo una evaluación de la rentabilidad comparada de los diferentes regímenes. La sustitución de los granos torreficados de soya por los de caupí no presentó un efecto deprecatorio sobre los rendimientos zootécnicos ni sobre los parámetros de sacrificio del pollo local. Igualmente, el uso de estos granos no degradó la rentabilidad económica. Para finalizar, el aumento de las tasas de proteínas en los regímenes mejoró significativamente ( $p < 0,05$ ) las ganancias de peso y permitió la reducción de la duración de la cría de los pollos que beneficiaron de estos regímenes de alrededor de dos semanas.

**Palabras clave:** *Gallus gallus* – Pollo – Pollito – Caupí – Proteína – Alimentación de los animales – Desempeño animal – Rentabilidad – Burkina Faso.



# Ochratoxine A dans les aliments, les fluides et les tissus de volaille en Algérie

D. Mohammedi<sup>1\*</sup> S. Mohammedi<sup>1</sup>

## Mots-clés

Volaille – Ochratoxine – Sérum sanguin – Abats – Aliments pour animaux – Résidus – Algérie.

## Résumé

L'ochratoxine A (OTA), mycotoxine produite par de nombreuses espèces d'*Aspergillus* et par *Penicillium verrucosum*, est néphrotoxique, hépatotoxique, immunotoxique et carcinogène chez les animaux et chez l'homme. La consommation d'aliments contaminés par l'OTA affecte la santé et la productivité des animaux et peut entraîner la présence d'OTA dans les produits animaux destinés à la consommation humaine. La prévalence de l'OTA dans les produits avicoles en Algérie a été déterminée à partir d'aliments, de sang et d'organes prélevés sur des volailles. La méthode d'analyse a été basée sur le coefficient de partage de l'OTA dans l'eau et les solvants organiques par ajustement du pH. La chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) et la spectrofluorimétrie ont été utilisées pour la détection et la quantification. L'OTA a été présente dans une grande partie de l'aliment de volailles (poulets, poules pondeuses et dindes) à la concentration de 0,02 à 63 µg/kg. Les concentrations sériques ont été de 0,57 à 1,22 ng/ml. Bien que quelques prélèvements de sérums aient été négatifs, les organes (foie, testicules, reins) provenant des mêmes animaux contenaient de l'OTA. Les reins (concentrations de 0,02 à 9,73 ng/ml) et les testicules (concentrations de 0,12 à 2,11 ng/ml) ont semblé être les tissus les plus contaminés. Cette étude montre qu'il serait important de proposer une recherche systématique de l'OTA sur les reins de volailles et, selon les résultats, interdire la consommation de leurs organes.

## ■ INTRODUCTION

L'ochratoxine A (OTA), mycotoxine produite par de nombreuses espèces d'*Aspergillus* et par *Penicillium verrucosum*, peut contaminer dans certaines conditions diverses espèces de végétaux. L'OTA a été notamment trouvée dans les grains (maïs, orge, blé, avoine, seigle), le foin et l'aliment mélangé (2, 13). Les teneurs d'OTA dans l'alimentation animale varient d'un pays à un autre (9, 41). Les concentrations relevées en Espagne sont au-dessus des niveaux recommandés par la législation européenne (2006/576/

CE ; < 50 µg/kg) (12). Elles sont entre 36 et 224 µg/kg au Brésil (29), entre 18,5 et 30 µg/kg en Argentine (7), et entre 0,05 µg/kg et 7,22 µg/kg au Maroc (44).

L'OTA est néphrotoxique chez toutes les espèces testées et térato-gène et carcinogène chez la souris et le rat (5, 15, 25). L'OTA est néphrotoxique chez toutes les espèces mammifères étudiées, bien que des différences dans la toxicité aient été observées entre les espèces et les sexes (24). L'OTA est probablement l'agent causal de la néphropathie endémique des Balkans chez les humains (25), maladie rénale, progressive et fatale affectant les populations de la péninsule Balkanique (5).

L'OTA est immunotoxique chez les animaux étudiés (1, 5, 15). L'activité immunosuppressive de l'OTA chez les animaux est caractérisée par la réduction des organes immunitaires comme le thymus, la rate et les ganglions lymphatiques, la dépression de la réponse des anticorps, les altérations dans le nombre et les

1. Ecole nationale vétérinaire, 1 avenue Pasteur, El-Harrach, Alger, Algérie.

\*Auteur pour la correspondance

Tél. : +213 (0)55 99 32 29 ; fax : +213 (0)21 52 41 09

E-mail : mohammedidahmane@yahoo.fr

fonctions des cellules immunitaires, et la modulation de la production de cytokine (1, 15).

Une corrélation avec la consommation d'aliments contenant de l'OTA et l'incidence de cancer du testicule dans vingt pays suggère que l'OTA pourrait être liée à l'augmentation de l'incidence des carcinomes testiculaires. Les auteurs (1, 15) rapportent également qu'il existe une corrélation entre la consommation de porc et de café (contaminés par l'OTA) avec les carcinomes testiculaires. De plus, les animaux exposés à l'OTA contiennent de l'OTA dans leurs testicules et l'OTA provoque des adduits dans l'ADN testiculaire (32). Des études chez des sujets tunisiens avec ou sans néphropathie ont montré des élévations du niveau d'OTA sérique chez les deux populations, avec des niveaux plus élevés chez ceux ayant une atteinte rénale (15, 42). La présence d'OTA dans le sang humain a aussi été identifiée en Algérie (18).

Chez les espèces aviaires, l'OTA altère la fonction du système immunitaire, provoquant une sévère leucopénie (10, 11, 35), une diminution de l'activité des macrophages et des hétérophiles (27), et finalement une atrophie des organes lymphoïdes et une déplétion des lymphocytes (20, 35, 36). En revanche, l'OTA est considérée comme une mycotoxine néphrotoxique chez les oiseaux car elle provoque une hypertrophie du rein et altère par la suite son fonctionnement (37).

L'aviculture est également affectée par la contamination par l'OTA. Les dindes, les poulets et les canetons sont sensibles à cette toxine. Les signes typiques de l'ochratoxicose aviaire sont la réduction du gain de poids, le mauvais indice de consommation, la diminution de la production d'œufs, la mauvaise qualité de la coquille et la néphrotoxicité (8, 30, 33). Les effets dépendent du niveau de la toxine et de la durée d'exposition. Cependant, de nombreuses études montrent que l'exposition à des taux d'OTA de 0,5 mg/kg altèrent les performances, y compris la diminution de la consommation alimentaire et le gain de poids ainsi qu'une mauvaise conversion alimentaire (28, 40). Un régime alimentaire contenant de 130 µg à 3,9 mg d'OTA/kg entraîne également une augmentation de la mortalité chez les volailles (10, 19). Une diminution de la production et du poids des œufs a été enregistrée chez les poules pondeuses soumises à un régime contenant 2 et 3 mg/kg d'OTA (9, 38). L'objectif de la présente étude a été d'analyser le niveau de contamination par l'OTA des organes et des fluides de volailles, ainsi que des aliments distribués dans des élevages algériens.

## ■ MATERIEL ET METHODES

L'étude a porté sur des poulets de chair, des dindes, des poules reproductrices et des poules pondeuses. Les aliments ont été prélevés chez plus d'une soixantaine d'éleveurs de volaille de différentes régions du pays allant d'Est en Ouest, et en excluant le Sud où l'élevage est peu pratiqué. En moyenne un kilogramme d'aliment complet a été prélevé et placé dans un sac mentionnant les coordonnées de l'éleveur. Les volailles ont reçu ces aliments durant toute la période de l'élevage.

Les prélèvements de sang et d'organes ont été effectués en fonction de la durée d'élevage et donc de l'abattage des animaux. Du sang et des organes ont été prélevés sur les poulets de chair après 60 jours d'élevage ; ces animaux ont montré des performances zootechniques médiocres (taux de mortalité de 12 p. 100, indice de consommation de 3,17, index de production de 111), et un état sanitaire également médiocre avec des diarrhées, de la coccidiose (bien que des anticoccidiens ionophores aient été incorporés dans l'aliment) et des épisodes récurrents de colibacillose. Du sang, des

poumons, du foie, des reins et des testicules ont été prélevés sur dix sujets. Du sang seulement a été prélevé sur les dindes (âgées de quatre mois) car elles ont été abattues quelques semaines plus tard dans des abattoirs situés dans d'autres wilayas (collectivités publiques territoriales). Aucun prélèvement de sang ou d'organes n'a été pratiqué sur les poules reproductrices et sur les poules pondeuses car ces volailles n'ont été réformées que longtemps après.

Tous les prélèvements d'organes et de sérum ont été séparés, congelés et conservés à -25 °C jusqu'à l'analyse. La méthode utilisée pour l'analyse de l'OTA a été basée sur celle décrite par Bauer et Gareis (3). En résumé, l'OTA est extraite par du chloroforme à partir de sérum acidifié avec une solution de chlorure de magnésium et d'acide chlorhydrique ajustée à un pH de 2,5. L'OTA est ensuite réextraite de la phase de chloroforme avec une solution de bicarbonate de sodium. Après acidification de cette solution à un pH de 2,5 environ, l'OTA est dans le chloroforme ; cette phase est évaporée à sec sous pression réduite à 40 °C. L'extrait sec est repris dans du méthanol et séparé en trois aliquotes : l'une est utilisée pour l'analyse directe par la technique de la chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) fluorimétrique, et les deux autres sont conservées à -25 °C pour une détermination ultérieure, si nécessaire. Tous les solvants et les réactifs sont de qualité analytique ou de grade HPLC.

Les conditions HPLC ont été les suivantes : colonne de 200 mm de long, 4,6 d.i., 10 µm ODS ; éluant : méthanol, acétonitrile, acétate de sodium 5 mM, acide acétique, respectivement 300, 300, 400, 14 (v/v/v/v) ; paramètres fluorimétriques : excitation à 340 nm, émission à 465 nm. Tous les échantillons positifs ont été confirmés par estérification et carboxypeptidation. Les taux de récupération de l'OTA ont été environ de 90 p. 100 pour le sérum et les organes et de 87 p. 100 pour les céréales, par conséquent les résultats ont été exprimés sans corrections ultérieures. Le seuil de détection de l'OTA est de 0,03 µg/kg et le seuil de quantification est de 0,1 µg/kg pour le sérum, les organes et les céréales (23).

## ■ RESULTATS ET DISCUSSION

L'OTA a été détectée dans une grande partie des aliments prélevés à la concentration de 0,02 à 63 µg/kg (tableau I). Ces concentrations étaient relativement importantes pour certaines puisqu'elles dépassaient les niveaux recommandés par la réglementation européenne (6, 13).

Tableau I

OTA déterminée par HPLC dans les aliments de poules, de poulets et de dindes en Algérie

Volaille	Nb. total échantillons alimentaires	Nb. échantillons positifs	Contamination par OTA (µg/kg)	Moy. des concentrations (µg/kg)
Dinde	7	7	40 – 50,5	40 ± 6,6
Poulet	20	10	0,11 – 63	12,4 ± 3,6
Poule reproductrice	10	5	0,02 – 0,32	0,17 ± 0,1
Poule pondeuse	30	3	0,6 – 0,2	0,5 ± 0,2

OTA : ochratoxine A ; HPLC : chromatographie en phase liquide à haute performance ; Moy. : moyenne

Tableau II

Concentration de l'OTA déterminée par HPLC dans le sang de dindes en Algérie

Nb. total d'échantillons	Nb. d'échantillons positifs	%	Moy. des concentrations (ng/ml ± ET)
50	15	30	0,57 ± 0,26

OTA : ochratoxine A ; HPLC : chromatographie en phase liquide à haute performance ; Moy. : moyenne ; ET : écart type

Tableau III

Concentration de l'OTA déterminée par HPLC dans le sang et les organes de poulets en Algérie

N° du poulet	Sang (ng/ml)	Poumon (ng/ml)	Foie (ng/ml)	Rein (ng/ml)	Testicule (ng/ml)
1	0,4	0,25	0,08	0,34	0,12
2	–	0,18	0,06	0,83	0,46
3	–	0,14	0,3	0,41	0,02
4	1,99	0,05	–	0,02	2,11
5	–	0,03	–	1,26	1,4
6	–	0,04	–	2,09	–
7	–	–	–	9,73	–
8	–	–	–	–	–
9	–	–	–	–	–
10	–	–	–	–	–

OTA : ochratoxine A ; HPLC : chromatographie en phase liquide à haute performance

L'OTA a été détectée à la concentration de 0,57 ng/ml en moyenne dans les sérums de dindes (tableau II), alors que chez les poulets elle n'a été détectée que chez deux sujets avec des valeurs de 0,4 ng/ml et 1,99 ng/ml (tableau III). Chez certains animaux l'OTA a été observée dans les tissus et dans le sang mais chez d'autres elle ne l'a été que dans les tissus (tableau III). Concernant la présence d'OTA dans les organes de poulets, il semble qu'elle soit la conséquence de l'ingestion sur une longue période, alors que la présence dans le sang est probablement due à une récente consommation d'aliments contaminés si l'on se réfère à la demi-vie de l'OTA chez la volaille (14, 43). Ces résultats ont montré chez la volaille que quelques sérums étaient négatifs alors que quelques organes provenant de ces mêmes animaux contenaient de l'OTA. Ceci est probablement dû à la courte demi-vie de l'OTA chez ces animaux (39, 43).

Les reins et les testicules ont semblé être les tissus les plus contaminés ; ces résultats ont été similaires à ceux obtenus avec des animaux de laboratoire (11, 15, 21). Par ailleurs, la relation entre les niveaux de contamination des aliments distribués dans les élevages et les teneurs d'OTA dans les organes des volailles issues de ces élevages n'a pas pu être analysée car ces niveaux ont varié en fonction du site de prélèvement dans le silo et de la demi-vie de l'OTA.

En Algérie, bien que les volailles soient vaccinées, des pathologies infectieuses et parasitaires sont présentes. De nombreux échecs

vaccinaux sont observés malgré l'application des règles de bio-sécurité ; les coccidioses sont relativement fréquentes alors que l'aliment est correctement supplémenté en coccidiostatiques. Ceci pourrait être lié à la présence d'OTA dans l'aliment qui est immunodépressive chez les animaux (1, 5, 15).

La Commission européenne (6) a établi une liste pour les seuils de concentrations admissibles : ils sont de 5 µg/kg pour les céréales et de 3 µg/kg pour les produits céréaliers. Dans cette étude quelques concentrations d'OTA supérieures à 60 µg/kg ont été trouvées dans les aliments pour volaille et consécutivement la présence d'OTA dans certains abats de poulets. D'après les habitudes alimentaires en Algérie et en Afrique du Nord en général, ces abats sont appréciés, ce qui laisse supposer que ce type de produits avicoles représenterait en Algérie une source d'exposition des consommateurs à l'OTA avec les risques sanitaires associés. Ce fait serait à relier avec les données rapportées par certains auteurs en Algérie (18) et en Tunisie (42).

La dose journalière admissible chez l'homme se situe entre 0,2 et 4,2 ng d'OTA/kg ; elle est basée sur les études de carcinogénicité de l'OTA chez les rats (25). En Allemagne, une évaluation du risque pour l'homme a été effectuée avec une dose quotidienne virtuelle de 0,1 ng/kg et une dose journalière admissible de 0,007 µg (basée sur la carcinogénicité chez les souris et un facteur de sécurité d'un pour un million) (26).

Dans l'industrie porcine, l'OTA est considérée comme la cause principale de la néphropathie porcine (36). Au Danemark et en Serbie tous les reins de porcs présentant des lésions pathologiques lors de l'abattage, doivent être analysés pour la détection éventuelle de l'OTA (17, 22). Si la concentration de la toxine est supérieure à 10 µg/kg dans le rein, il est alors saisi, ainsi que la carcasse entière pour les valeurs supérieures à 25 µg/kg (4). En Suède, des dispositions ont été prises pour saisir les carcasses des animaux lorsque les concentrations dans le sérum et dans les reins des porcs atteignent un certain seuil (16).

## CONCLUSION

D'après les habitudes alimentaires en Algérie et en Afrique du Nord en général, les abats de volaille sont appréciés mais la présence d'OTA chez les animaux serait une source de contamination pour les humains. Une recherche épidémiologique devrait être entreprise pour établir la corrélation entre la présence d'OTA dans l'aliment et l'impact sur la néphrotoxicité, et la fréquence des tumeurs du rein et du tractus urinaire.

De la même manière que des dispositions ont été prises dans certains pays vis-à-vis de la consommation de produits porcins, il semble important de proposer la mise en place de mesures préventives dans les élevages de volaille en Algérie, par la recherche systématique de l'OTA sur les reins de volaille, et d'interdire par la suite la consommation de leurs abats au-delà d'une valeur limite. De plus, nous recommandons une autre mesure préventive en amont de l'élevage, en incorporant des substances adsorbantes spécifiques pour neutraliser les mycotoxines dans le contenu digestif et des microorganismes capables de transformer les mycotoxines en métabolites non toxiques comme cela est recommandé par certains auteurs (8, 31). Nous conseillons également l'adjonction de certains extraits végétaux (artichaut ou chardon marie) ou de graines de sésame qui ont montré une protection contre les effets toxiques de l'OTA, comme le rapporte Stoev (34) chez la poule pondeuse. Des études expérimentant ces stratégies seraient à conduire chez les volailles considérées dans cette étude.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AL-ANATI L., PETZINGER E., 2006. Immunotoxic activity of ochratoxin A. *J. Vet. Pharmacol. Ther.*, **29**: 79-90.
2. BATTAGLIA R., HATZOLD T., KROES R., 1996. Occurrence and significance of ochratoxin in food. *J. Food Prot.*, **13**: 1-3.
3. BAUER J., GAREIS H., 1987. Ochratoxin A in der Nahrungsmittelkette. *Z. Veterinarmed. B.*, **34**: 613-627.
4. BUCHMANN N.B., HALD B., 1985. Analysis, occurrence and control of ochratoxin A residues in Danish pig kidneys. *Food Addit. Contam.*, **2**: 193-199.
5. CLARK H.A., SNEDEKER S.M., 2006. Ochratoxin A: its cancer risk and potential for exposure. *J. Toxicol. Environ. Health*, **9**: 265-296.
6. COMMISSION REGULATION, 2006. No 1881: Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Brussels, Belgium, European Union.
7. DALCERO A., MAGNOLI C., HALLAK C., CHIACCHIERA M., PALACIO G., ROSA C.A.R., 2002. Detection of ochratoxin A in animal feeds and capacity to produce this mycotoxin by *Aspergillus* section *Nigri* in Argentina. *Food Addit. Contam.*, **19**: 1065-1072.
8. DENLI M., BLANDON J.C., GUYNOT M.E., SALADO S., PEREZ J.F., 2008. Efficacy of a new ochratoxin-binding agent (ocratox) to counteract the deleterious effects of ochratoxin A in laying hens. *Poult. Sci.*, **87**: 2266-2272.
9. DENLI M., PEREZ J.F., 2010. Ochratoxins in feed, a risk for animal and human health: control strategies. *Toxins*, **2**: 1065-1077.
10. ELAROUSSI M.A., MOHAMED F.R., EL BARKOUKY E.M., ATTA A.M., ABDOU A.M., HATAB M.H., 2006. Experimental ochratoxicosis in broiler chickens. *Avian Pathol.*, **35**: 263-269.
11. ELAROUSSI M.A., MOHAMED F.R., ELGENDY M.S., EL BARKOUKY E.M., ABDOU A.M., HATAB M.H., 2008. Ochratoxicosis in broiler chickens: Functional and histological changes in target organs. *Int. J. Poult. Sci.*, **7**: 414-422.
12. ESPADA L., 2008. Análisis de micotoxinas por Elisa en productos para alimentación animal. [www.lnzar.net](http://www.lnzar.net)
13. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, 2006. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the Commission related to ochratoxin A in food. *EFSA J.*, **365**: 1-56.
14. GALTIER P., 1991. Pharmacokinetics of ochratoxin A in animals. *IARC Sci. Publ.*, **115**: 187-200.
15. HOPE J.H., HOPE B.E., 2012. A review of the diagnosis and treatment of ochratoxin A inhalational exposure associated with human illness and kidney disease including focal segmental glomerulosclerosis. *J. Environ. Public Health*, **2012**: 1-10.
16. HULT K., HOKBY E., SELLYEY G., RUTQVIST L., GATENBECK J., 1992. Ochratoxin A occurrence in slaughter-pigs in Sweden and its use as a tool for feed screening programs. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, **11**: 39-40.
17. JORGENSEN K., PETERSEN A., 2002. Content of ochratoxin A in paired kidney and meat samples from healthy Danish slaughter pigs. *Food Addit. Contam.*, **19**: 562-567.
18. KHALEF A., BENABADJI M., RAYAN T., HADDOUMI F., 1993. Présence de l'ochratoxine A dans le sang humain et néphropathie en Algérie. In : Creppy E.E., Castegnaro M., Dirheimer G., eds, Human ochratoxicosis and its pathologies. Colloque Inserm / John Libbey Eurotext, **231**: 235-238.
19. KUMAR A., JINDAL N., SHUKLA C.L., PAL Y., LEDOUX D.R., ROTTINGHAUS G.E., 2003. Effect of ochratoxin A on *Escherichia coli*-challenged broiler chicks. *Avian Dis.*, **47**: 415-424.
20. KUMAR A., JINDAL N., SHUKLA C.L., ASRANI R.K., LEDOUX D.R., ROTTINGHAUS G.E., 2004. Pathological changes in broiler chickens fed ochratoxin A and inoculated with *Escherichia coli*. *Avian Pathol.*, **33**: 413-417.
21. MICCO C., MIRAGLIA M., ONORI R., IOPOLO A., MANTOVANI A., 1987. Long term administration of low doses of mycotoxins in poultry. I. Residues of ochratoxin A in broilers and laying hens. *Poult. Sci.*, **66**: 47-50.
22. MILICEVIC D., JURIC V., STEFANOVIĆ S., JOVANOVIĆ M., JANKOVIĆ S., 2008. Survey of slaughtered pigs for occurrence of ochratoxin A and porcine nephropathy in Serbia. *Int. J. Mol. Sci.*, **9**: 2169-2183.
23. MOHAMMEDI D., BETBEDER A., CREPPY E., 2005. In: Symposium euro-maghrébin sur les contaminants biologiques, chimiques et la sécurité alimentaire. Fès, Maroc, CBSA.
24. O'BRIEN E., DIETRICH D.R., 2005. Ochratoxin A: The continuing enigma. *Crit. Rev. Toxicol.*, **35**: 33-60.
25. PFOHL-LESZKOWICZ A., MANDERVILLE R.A., 2007. Ochratoxin A: An overview on toxicity and carcinogenicity in animals and humans. *Mol. Nutr. Food Res.*, **51**: 61-99.
26. POHLAND A.E., NESHEIM S., FRIEDMAN L., 1992. Ochratoxin A: a review. *Pure Appl. Chem.*, **64**: 1029-1046.
27. POLITIS I., FEGEROS K., NITSCH S., SCHATZMAYR G., KANTAS D., 2005. Use of *Trichosporon mycotoxinivorans* to suppress the effects of ochratoxicosis on the immune system of broiler chicks. *Br. Poult. Sci.*, **46**: 58-65.
28. RAJU M.V., DEVEGOWDA G., 2000. Influence of esterified-glucomannan on performance and organ morphology, serum biochemistry and haematology in broilers exposed to individual and combined mycotoxicosis (aflatoxin, ochratoxin and T-2 toxin). *Br. Poult. Sci.*, **41**: 640-650.
29. ROSA C.A.R., KELLER K.M., KELLER L.A.M., GONZALEZ PREYRA M.R., PEREYRA C.M., DALCERO A.M., CAVAGLIERI L.R., LOPES C.W.G., 2009. Mycological survey and ochratoxin A natural contamination of swine feedstuffs in Rio de Janeiro State, Brazil. *Toxicon*, **53**: 283-288.
30. SANTIN E., PAULILLO A.C., NAKAGUI L.S.O., ALESSI A.C., POLVERIO W.J.C., MAIORKA A., 2003. Evaluation of cell wall yeast as adsorbent of ochratoxin in broiler diets. *Int. J. Poult. Sci.*, **2**: 465-468.
31. SCHATZMAYR G., ZEHNER F., TAUBEL M., SCHATZMAYR D., KLIMITSCH A., LOIBNER A.P., BINDER E.M., 2006. Microbiologicals for deactivating mycotoxins. *Mol. Nutr. Food Res.*, **50**: 543-551.
32. SCHWARTZ G.G., 2002. Hypothesis: does ochratoxin A cause testicular cancer? *Cancer Causes Control*, **13**: 91-100.
33. SIGAMANI M.S., GANNE V.S.R., 2010. Effect of ochratoxin A on body weight, feed intake and feed conversion in broiler chicken. *Vet. Med. Int.* (1-4).
34. STOEV S.D., 2010. Studies on some feed additives and materials giving partial protection against the suppressive effect of ochratoxin A on egg production of laying hens. *Res. Vet. Sci.*, **88**: 486-491.
35. STOEV S.D., ANGUELOV G., IVANOV I., PAVLOV D., 2000. Influence of ochratoxin A and an extract of artichoke on the vaccinal immunity and health in broiler chicks. *Exp. Toxicol. Pathol.*, **52**: 43-55.
36. STOEV S.D., PASKALEV M., MC DONALD S., MANTLE P.G., 2002. Experimental one year ochratoxin A toxicosis in pigs. *Exp. Toxicol. Pathol.*, **53**: 481-487.
37. STOEV S.D., STEFANOV M., DENEV S., RADIC B., DOMIJAN A.M., PERAICA M., 2004. Experimental mycotoxicosis in chickens induced by ochratoxin A and penicillic acid and intervention with natural plant extracts. *Vet. Res. Comm.*, **28**: 727-746.
38. VERMA J., JOHRI T.S., SWAIN B.K., AMEENA S., 2004. Effect of graded levels of aflatoxin, ochratoxin and their combination on the performance and immune response of broilers. *Br. Poult. Sci.*, **45**: 512-518.
39. VETTORAZZI A., GONZALES-PENAS E., TROCONIZ I.F., ARBILLAGA L., CORCUERA L., GIL A.G., LOPEZ DE CERAIN A., 2009. A different kinetic profile of ochratoxin A in mature male rats. *Food Chem. Toxicol.*, **47**: 1921-1927.
40. WANG H., XUE C.Y., CHEN F., MA Y.L., ZHANG X.B., BI Y.Z., CAO Y.C., 2009. Effects of combinations of ochratoxin A and T-2 toxin on immune function of yellow-feathered broiler chickens. *Poult. Sci.*, **88**: 504-510.
41. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2002. Evaluation of certain mycotoxins in food. 56th Report Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland, WHO, p. 70. (Tech. Rep. Ser., 906)
42. ZAIED C., BOUAZIZ C., AZIZI I., 2011. Presence of ochratoxin A in Tunisian blood nephropathy patients. Exposure level to OTA. *Exp. Toxicol. Pathol.*, **63**: 613-618.
43. ZEPNIK H., PAHLER A., SCHAUER U., DEKANT W., 2011. Ochratoxin A induced tumour formation: is there a role of reactive ochratoxin A metabolites? *Toxicol. Sci.*, **59**: 59-67.
44. ZINEDINE A., BRERA C., FAID M., BENLEMLIH M., MIRAGLIA M., 2007. Ochratoxine A et toxines de *Fusarium* dans les céréales au Maroc. *Cah. Agric.*, **16**.

Accepté le 13.10.2014

## Summary

**Mohammedi D., Mohammedi S.** Ochratoxin A in feeds, fluids and tissues of poultry in Algeria

Ochratoxin A (OTA) is a mycotoxin produced by a large number of *Aspergillus* species and by *Penicillium verrucosum*. It is nephrotoxic, hepatotoxic, immunotoxic and carcinogenic in animals and humans. The consumption of feeds contaminated by OTA affects the health and productivity of animals and can cause the presence of OTA in animal products destined for human consumption. The prevalence of OTA in poultry products in Algeria was determined from feeds, and from blood and organs collected from broilers, laying hens and turkeys. The analytical method was based on the partition coefficient of OTA in aqueous and organic solvents by adjusting the pH. High performance liquid chromatography (HPLC) and spectrofluorimetry were used for detection and quantification. OTA was found in many poultry feeds at concentrations between 0.02 and 63 µg/kg. Serum concentrations were between 0.57 and 1.22 ng/ml. Although some serum samples were negative, organs (liver, testes, kidneys) from the same animals contained OTA. Kidneys (concentrations between 0.02 and 9.73 ng/ml) and testes (concentrations between 0.12 and 2.11 ng/ml) seemed to be the most contaminated tissues. This study shows that it would be important to search systematically for OTA in the kidneys of poultry and, depending on results, prohibit consumption of their giblets.

**Keywords:** Poultry – Ochratoxin – Blood serum – Offal – Feed – Residue – Algeria.

## Resumen

**Mohammedi D., Mohammedi S.** Ochratoxina A en los alimentos, los fluidos y los tejidos de aves en Argelia

La ocratoxina A (OTA), micotoxina producida por numerosas especies de *Aspergillus* y por *Penicillium verrucosum*, es nefrotóxica, hepatotóxica, inmunotóxica y carcinógena en los animales y el hombre. El consumo de alimentos contaminados por la OTA afectan la salud y la productividad de los animales y puede conllevar la presencia de OTA en los productos animales destinados al consumo humano. La prevalencia de OTA en los productos avícolas en Argelia se ha determinado a partir de alimentos, de sangre y de órganos extraídos de las aves. El método de análisis se basó sobre el coeficiente de partición de la OTA en el agua y los solventes orgánicos por ajuste del pH. La cromatografía en fase líquida de alto rendimiento (HPLC) y la espectrofluorimetría fueron utilizadas para la detección y la cuantificación. La OTA estuvo presente en una gran parte del alimento de aves (pollos, gallinas ponedoras y pavos), con concentración de 0,02 a 63 µg/kg. Las concentraciones séricas fueron de 0,57 a 1,22 ng/ml). Aunque algunas muestras de suero fueron negativas, los órganos (hígado, testículos, riñones) provenientes de los mismos animales, contenían OTA. Los riñones (concentraciones entre 0,02 y 9,73 ng/ml) y los testículos (concentraciones de 0,12 a 2,11 ng/ml) parecieron ser los tejidos más contaminados. El presente estudio muestra que sería importante proponer una investigación sistemática de la OTA en los riñones de aves y prohibir eventualmente el consumo de los órganos.

**Palabras clave:** Aves de corral – Ochratoxina – Suero sanguíneo – Menudo – Pienso – Residuo – Argelia.





# Traitements à base de progestagènes ou de mélatonine combinés à l'effet bélier chez la brebis Ouled-Djellal au printemps

A. Moumene<sup>1,2\*</sup> F. Khammar<sup>3</sup> K. Miroud<sup>1</sup>  
R. Seboussi<sup>2</sup> S. Guedaoura<sup>1</sup> J.L. Bister<sup>4</sup>

## Mots-clés

Ovin – Brebis Ouled-Djellal – Fertilité – Prolificté – Reproduction sexuée – Mélatonine – Progestagène – PMSG – Algérie.

## Résumé

Pour comparer l'effet de traitements hormonaux à base de mélatonine à ceux à base de progestatifs et d'hormone chorionique gonadotrope équine (eCG) sur l'amélioration des performances reproductives de la race ovine Ouled-Djellal, 829 brebis réparties sur quatre exploitations (A, B, C et D ; respectivement n = 248, 351, 100 et 80) ont été suivies de mars à octobre 2008. Dans l'exploitation B, les progestagènes ont eu un effet améliorateur, avec une fertilité de 92,3 p. 100 pour le traitement avec les éponges vaginales à l'acétate de médroxyprogestérone (MAP) + eCG 400 UI, et de 84,1 p. 100 pour le traitement avec les éponges vaginales à l'acétate de fluorogestone (FGA) + eCG 500 UI, au lieu de 23,2 p. 100 chez les témoins. Les taux de fertilité obtenus dans les exploitations A et C avec les implants de mélatonine après la première saillie ont été significativement moins importants que ceux des lots traités avec les progestagènes et eCG (A : 40,9 vs 79,9 p. 100 ; C : 24 vs 70 p. 100). Le taux de fertilité obtenu avec les implants de mélatonine dans l'exploitation A après la première saillie a été plus élevé (40,9 p. 100) que celui obtenu dans les exploitations C (24 p. 100) et D (17,5 p. 100). Dans l'exploitation D les implants de mélatonine ont amélioré la fertilité totale par rapport au lot témoin (55,0 vs 17,5 p. 100). La prolificité à la première saillie a été améliorée par le traitement MAP + eCG 400 UI dans les exploitations A (1,30) et B (1,70), alors que les traitements FGA + eCG 500 UI et avec implant de mélatonine n'ont pas eu d'effet sur la prolificité. La mélatonine associée à l'effet bélier et utilisée précocement a donné de bons résultats, de l'ordre de ceux obtenus avec les progestagènes.

## ■ INTRODUCTION

En Algérie, la race ovine Ouled-Djellal représente environ 58 p. 100 du cheptel national (22 millions de têtes) et peuple les hautes plaines telliennes et les vastes zones de la steppe (26). L'âge à la puberté est de 8 à 10 mois, parfois un peu plus précoce ; la prolificité est basse (1,10), un seul agneau étant en général le résultat de la portée (19). La brebis est mise à la lutte à l'âge de 18 mois (10).

La saison de reproduction s'étend du début du mois d'avril jusqu'à la fin du mois de novembre et atteint un maximum entre juin et août (24). L'activité sexuelle de la brebis peut être influencée par l'état corporel (8, 22). L'âge, l'état physiologique lors de la lutte, le mode et le mois de lutte, et l'interaction entre l'état physiologique lors de la lutte et le mode de lutte auraient une influence sur les paramètres de reproduction (7).

Afin de maximiser les productivités ovines locales, différents protocoles de maîtrise de la reproduction ont été appliqués. Les traitements hormonaux sous forme d'éponges vaginales imprégnées de progestagènes de synthèse et combinées à l'hormone chorionique gonadotrope équine (eCG) restent de loin les plus utilisés par les éleveurs. La mélatonine, contrairement aux progestagènes, est très rarement utilisée. En Europe, l'utilisation de la mélatonine sous forme d'implant sous-cutané permet d'avancer l'activité ovarienne saisonnière, sans pour autant provoquer d'effets secondaires indésirables sur la fertilité (12). Les paramètres de reproduction sont ainsi améliorés (fertilité, prolificité et

1. Département des sciences vétérinaires, faculté des Sciences de la Nature, Université d'El-Tarf, BP 73, El-Tarf 36000, Algérie.  
2. Département des sciences animales, faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec, Canada.  
3. Faculté des Sciences biologiques, USTHB, Bab-Ezzouar, Alger, Algérie.  
4. Unité de recherche vétérinaire intégrée, Université de Namur, B-5000 Namur, Belgique.

\* Auteur pour la correspondance  
Tél. : +1 581 741 3490 ; e-mail : abdenacer.moumene.1@ulaval.ca

fécondité) (11). Une seule étude a été publiée pour la race Ouled-Djellal où l'utilisation d'implant de mélatonine semblerait avoir un effet améliorateur sur les paramètres de reproduction par rapport à la reproduction naturelle (2).

L'objectif de cette étude a été de tester l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de la mélatonine constituerait une bonne méthode de contrôle de la reproduction chez la race Ouled-Djellal et pourrait se substituer à l'emploi des éponges vaginales combinées à l'eCG.

## ■ MATERIEL ET METHODES

### *Animaux et situation expérimentale*

L'étude a été menée dans la région de Constantine située à 36° 17' de lat. N, 6° 37' de long. E et à 694 m d'altitude entre les mois de mars et d'octobre 2008. Elle a concerné 829 brebis de race Ouled-Djellal, réparties dans quatre exploitations de la station expérimentale de l'Institut technique : exploitations A, B, C et D comportant respectivement 248, 351, 100 et 80 brebis. Les brebis âgées de deux à cinq ans étaient tarées depuis au moins deux mois. Leur état corporel variait de moyen à bon. Elles logeaient dans des bergeries semi-fermées et la conduite d'élevage était intensive. L'alimentation était à base de foin de vesce et d'avoine complétement par un apport de concentré à base d'orge et de son, et un pâturage sur chaumes de céréales.

## *Méthodes*

Dans les exploitations A, C et D les brebis ont été réparties en deux lots comparables, tandis que dans l'exploitation B, elles ont été divisées en trois lots en fonction de la nature du traitement (tableau I). Pour évaluer les performances reproductives, le taux de fertilité (nombre de brebis ayant mis bas / nombre total des brebis mises à la reproduction), le taux de prolificité (nombre d'agneaux nés / nombre de brebis ayant mis bas) et le taux de fécondité (fertilité x prolificité) ont été étudiés. Le codage des exploitations et des traitements est décrit dans le tableau I. La démarche expérimentale dans le temps est résumée dans le tableau II.

Les produits hormonaux utilisés ont été les suivants :

- éponges vaginales à l'acétate de médroxyprogestérone (MAP) dosées à 60 mg (Esponjavet<sup>®</sup>, laboratoires Hipra, Espagne) pendant 12 jours, combinées à 400 UI d'eCG (Gonaser<sup>®</sup>, Hipra) en injection par voie intramusculaire au retrait de l'éponge ;
- éponges vaginales à l'acétate de fluorogestone (FGA) dosées à 40 mg (Chonogest<sup>®</sup>, Intervet, Schering-Plough santé animale, France) pendant 12 jours, combinées à 500 UI d'eCG (Folligon<sup>®</sup>, Intervet, Schering-Plough) en injection par voie intramusculaire au retrait de l'éponge ;
- implants auriculaires sous-cutanés de mélatonine dosés à 18 mg (Melovine<sup>®</sup>, CEVA santé animale, France), posés 40 jours avant la mise à la reproduction selon les indications du fabricant.

**Tableau I**

Répartition des effectifs de brebis dans les quatre exploitations selon le type de traitement utilisé pour maîtriser la reproduction

Traitement	Exploitation			
	A n = 298	B n = 351	C n = 100	D n = 80
MAP + eCG 400 UI	A-MAP, n = 149	B-MAP, n = 130	C-MAP, n = 50	-
FGA + eCG 500 UI	-	B-FGA, n = 126	-	-
MEL	A-MEL, n = 149	-	C-MEL, n = 50	D-MEL, n = 40
Tém	-	B-Tém, n = 95	-	D-Tém, n = 40

MAP : acétate de médroxyprogestérone ; eCG : hormone chorionique gonadotrope équine ; FGA : acétate de fluorogestone ; MEL : implant de mélatonine ; Tém : témoin

**Tableau II**

Calendrier de mise en œuvre des traitements de maîtrise de la reproduction des brebis Ouled-Djellal

Traitement	Exploitation									
	A		B			C		D		
	A-MAP	A-MEL	B-MAP	B-FGA	B-Tém	C-MEL	C-MAP	C-MEL	D-Tém	
MAP + eCG 400 UI	2 avril	-	5 avril	-	-	-	8 avril	-	-	
FGA + eCG 500 UI	-	-	-	17 avril	-	-	-	-	-	
MEL	-	15 mars	-	-	-	12 avril	-	12 mars	-	
Lutte	16 avril	22 avril	19 avril	1 mai	2 mai	24 mai	22 avril	23 avril	23 avril	

MAP : acétate de médroxyprogestérone ; eCG : hormone chorionique gonadotrope équine ; FGA : acétate de fluorogestone ; MEL : implant de mélatonine ; Tém : témoin

Les paramètres de reproduction liés au type du traitement utilisé ont été évalués en tenant compte des résultats du premier et du second cycle uniquement. Pour l'exploitation A (A-MEL), l'exploitation B (B-Tém), l'exploitation C (C-MEL) et l'exploitation D (D-MEL, D-Tém), une lutte libre a été réalisée, tandis que pour les autres lots des quatre exploitations une lutte en main a été menée en deux temps à 48 et 60 heures après le retrait de l'éponge. Les modalités de la lutte pour chacune des quatre exploitations et selon chaque type de traitement sont résumées dans le tableau III. Les paramètres globaux de reproduction ont été évalués en tenant compte de tous les agnelages répartis sur deux mois (60 jours) de reproduction.

### Traitement des données

La différence entre deux proportions a été estimée par l'application du test du  $\chi^2$ , au seuil de probabilité  $p < 0,05$ , en utilisant le logiciel Minitab 15<sup>®</sup> (Minitab, 2006). Le calcul a eu comme objectifs, d'une part, la comparaison de l'efficacité des différents traitements appliqués dans chaque exploitation sur les performances

reproductives (fertilité, prolificité et fécondité) et, d'autre part, l'évaluation de l'efficacité d'un même traitement sur les performances reproductives selon les exploitations.

### ■ RESULTATS

Le tableau IV montre que dans l'exploitation A le lot des brebis traité avec MAP + eCG 400 UI a présenté une fertilité très bonne et significativement ( $p < 0,001$ ) plus élevée à la première saillie (79,9 p. 100) que celle des brebis traitées avec les implants de mélatonine (40,9 p. 100). Par ailleurs, dans le lot traité à la mélatonine la fertilité au deuxième cycle a été de 33,6 p. 100 alors qu'elle n'a été que de 4,7 p. 100 dans le lot MAP. Au total sur deux mois, la fertilité des brebis A-MAP n'a pas été significativement différente de celles des brebis A-MEL ( $p > 0,01$ ). Dans l'exploitation B, le lot témoin (B-Tém) a présenté une fertilité significativement réduite ( $p < 0,001$ ) par rapport aux deux lots traités avec un progestatif. Dans l'exploitation C, la fertilité à la première saillie du lot traité avec les implants de mélatonine a été très faible

Tableau III

Description des modalités de la lutte selon l'exploitation et le type de traitement

Exploitation	Lot	Type de lutte	Isolement des béliers avant la lutte	Introduction des béliers pour la lutte	Retrait des béliers après la lutte
A	A-MEL	Libre, séparation des béliers	7 jours avant la pose d'implant	22 avril, 40 jours après la pose d'implant	2 mois après leur introduction pour la lutte
	A-MAP	En main, sans effet bélier	Gardés à proximité des brebis (enclos séparé par un grillage)	16 avril, 48 et 60 heures après le retrait de l'éponge * Réintroduction 3 jours après la lutte en main	2 mois après leur introduction pour la lutte
B	B-MAP	En main, effet bélier	2 mois avant la lutte	19 avril, 48 et 60 heures après le retrait de l'éponge	Retrait des béliers juste après la fin de la lutte
	B-FGA	En main, effet bélier	2 mois avant la lutte	1 mai, 48 et 60 heures après le retrait de l'éponge	Retrait des béliers juste après la fin de la lutte
	B-Tém	Libre, sans effet bélier	Gardés à proximité des brebis (enclos séparé par un grillage)	2 mai	2 mois après leur introduction pour la lutte
C	C-MEL	Libre, séparation des béliers	7 jours avant la pose d'implant	24 mai, 40 jours après la pose d'implant	2 mois après leur introduction pour la lutte
	C-MAP	En main, sans effet bélier	Gardés à proximité des brebis (enclos séparé par un grillage)	22 avril, 48 et 60 heures après le retrait de l'éponge	Retrait des béliers juste après la fin de la lutte
D	D-MEL	Libre, sans effet bélier	Gardés à proximité des brebis (enclos séparé par un grillage)	23 avril	2 mois après leur introduction pour la lutte
	D-Tém	Libre, sans effet bélier	Gardés à proximité des brebis (enclos séparé par un grillage)	23 avril	2 mois après leur introduction pour la lutte

\* Eponge à base de progestagène

MAP : acétate de médroxyprogestérone ; FGA : acétate de fluorogestone ; MEL : implant de mélatonine ; Tém : témoin

par rapport au lot traité avec un progestatif (C-MAP) (70 p. 100) ( $p < 0,001$ ). Cependant, une amélioration significative de la fertilité a été observée à la deuxième saillie (36 p. 100) par rapport à la première (24 p. 100) ( $p < 0,001$ ). Au total, sur deux mois de lutte la différence de fertilité a été de 10 p. 100 (70 vs 60 p. 100) et significativement ( $p < 0,01$ ) plus faible chez les brebis traitées à la mélatonine (60 p. 100) (tableau IV).

Dans l'exploitation D, le taux de fertilité à la première saillie a été semblable chez le lot traité et le lot témoin (17,5 p. 100). Cependant, une augmentation de la fertilité deux fois plus importante a été notée chez le lot traité avec les implants de mélatonine après la deuxième saillie (37 p. 100) ( $p < 0,001$ ) (tableau IV). Au total, après deux mois de lutte la fertilité des brebis a été améliorée par le traitement à la mélatonine (55 p. 100) par rapport à celles qui n'ont reçu aucun traitement (17,5 p. 100) ( $p < 0,01$ ).

La comparaison des résultats de la fertilité à la première saillie obtenus entre les exploitations A, B et C par le traitement MAP + eCG 400 UI a indiqué que les taux obtenus dans l'exploitation B (92,3 p. 100) ont été légèrement plus élevés que ceux enregistrés respectivement dans les exploitations A ( $p < 0,01$ ) et C ( $p < 0,001$ ) (tableau IV). Dans les lots témoins l'exploitation B a eu de meilleurs résultats (29,5 p. 100) que l'exploitation D ( $p < 0,01$ ).

Le tableau V montre la prolificité selon l'exploitation, le type de traitement et le numéro de saillie. Elle a été très faible chez les brebis du groupe témoin et celles traitées avec les implants de

mélatonine. Les éponges progestatives combinées à l'eCG ont augmenté significativement ( $p < 0,001$ ) la proportion des mises bas gémeaux et donc la prolificité au sein des exploitations A et B, mais elles n'ont pas eu d'incidence sur la prolificité des brebis de l'exploitation C ( $p > 0,01$ ). Dans le groupe traité avec FGA, une amélioration significative du taux de prolificité ( $p < 0,001$ ) a été enregistrée.

Le tableau VI montre la fécondité selon l'exploitation, le type de traitement et le numéro de saillie. Elle a été faible chez les lots témoins et bonne à moyenne chez les brebis traitées avec les implants de mélatonine. Chez les brebis traitées avec les progestagènes combinés à l'eCG, elle a été bonne (C-MAP : 70,0 p. 100) à excellente (A-MAP : 114,0 p. 100 ; B-MAP : 157,0 p. 100).

## ■ DISCUSSION

Chez la brebis Ouled-Djellal la période où l'activité sexuelle est à son niveau le plus élevé s'étend de juin à août (24). Dans le cadre d'un programme de synchronisation, un taux élevé d'oestrus est attendu, suite au traitement instauré, pour obtenir une fertilité optimale. Nous confirmons que les traitements à base de progestagènes combinés à l'eCG permettent d'obtenir des taux de conception importants durant la saison de reproduction (13). Les éponges vaginales, largement utilisées pour maîtriser la reproduction dans les troupeaux ovins, permettent non seulement d'effectuer la mise à

**Tableau IV**

Evolution de la fertilité (%) selon l'exploitation, le type de traitement et le numéro de saillie

Traitement	Exploitation											
	A			B			C			D		
	S1	S2	ST	S1	S2	ST	S1	S2	ST	S1	S2	ST
MAP + eCG 400 UI	79,9	4,7	88,4	92,3	–	92,3	70,0	–	70,0	–	–	–
FGA + eCG 500 UI	–	–	–	84,1	–	84,1	–	–	–	–	–	–
MEL	40,9	33,6	81,2	–	–	–	24,0	36,0	60,0	17,5	37,0	55,0
Tém	–	–	–	23,2	6,3	29,5	–	–	–	17,5	0,0	17,5

S1 : 1<sup>re</sup> saillie ; S2 : 2<sup>e</sup> saillie ; ST : saillies totales

MAP : acétate de médroxyprogestérone ; eCG : hormone chorionique gonadotrope équine ; FGA : acétate de fluorogestone ; MEL : implant de mélatonine ; Tém : témoin

**Tableau V**

Prolificité selon l'exploitation, le type de traitement et le numéro de saillie

Traitement	Exploitation											
	A			B			C			D		
	S1	S2	TT	S1	S2	TT	S1	S2	TT	S1	S2	TT
MAP + eCG 400 UI	1,3	1,3	1,3	1,7	–	1,7	1,0	1,0	1,0	–	–	–
FGA + eCG 500 UI	–	–	–	1,2	–	1,2	–	–	–	–	–	–
MEL	1,1	1,1	1,1	–	–	–	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tém	–	–	–	1,2	1,0	1,1	–	–	–	1,0	–	1,0

S1 : 1<sup>re</sup> saillie ; S2 : 2<sup>e</sup> saillie ; ST : saillies totales

MAP : acétate de médroxyprogestérone ; eCG : hormone chorionique gonadotrope équine ; FGA : acétate de fluorogestone ; MEL : implant de mélatonine ; Tém : témoin

Tableau VI

Fécondité (%) selon l'exploitation, le type de traitement et le numéro de saillie

Traitement	Exploitation											
	A			B			C			D		
	S1	S2	TT	S1	S2	TT	S1	S2	TT	S1	S2	TT
MAP + eCG 400 UI	104	6	114	157	–	157	70	–	70	–	–	–
FGA + eCG 500 UI	–	–	–	100	–	100	–	–	–	–	–	–
MEL	45	38	90	–	–	–	24	36	60	17	38	55
Tém	–	–	–	25	6	32	–	–	–	17	–	17

S1 : 1<sup>re</sup> saillie ; S2 : 2<sup>e</sup> saillie ; ST : saillies totales

MAP : acétate de médroxyprogestérone ; eCG : hormone chorionique gonadotrope équine ; FGA : acétate de fluorogestone ; MEL : implant de mélatonine ; Tém : témoin

la reproduction à un moment prédéterminé, mais aussi d'obtenir de hauts niveaux de fertilité et de prolificité (29). Les résultats obtenus dans l'exploitation B confirment l'effet améliorateur très significatif des progestagènes sur la fertilité à la première saillie, respectivement de + 69 points pour MAP et + 61 points pour FGA, comparés au lot témoin. Les résultats de notre étude concordent avec ceux obtenus chez la race syrienne Awassi (+ 47,4 points ; 34) dont l'activité sexuelle se rapproche de celle de la race Ouled-Djellal.

Cependant, les taux de fertilité plus élevés obtenus dans l'exploitation B peuvent s'expliquer par le fait que les béliers ont été gardés loin des brebis durant une période de deux mois pour être réintroduits uniquement au moment de la lutte en main, ce qui a provoqué un effet bélier au sein de ce troupeau. En revanche, dans les exploitations A et C les béliers ont été gardés en permanence à proximité des femelles, ce qui a eu sans doute une influence sur le faible taux de réponse des brebis. Dans l'exploitation A, 4,7 p. 100 des femelles ont agnelé suite à une deuxième saillie, à partir du moment où les béliers ont été réintroduits trois jours après la lutte en main. Ce qui n'a pas été le cas dans l'exploitation C, où les béliers ont été retirés du troupeau aussitôt que la lutte en main a été achevée, sans toutefois être gardés loin des brebis. Cette hypothèse est appuyée par plusieurs auteurs rapportant que les femelles gardées loin des béliers pendant deux mois environ sont davantage susceptibles d'avoir de meilleurs taux d'œstrus, d'ovulation et de conception que celles qui sont en contact permanent avec les mâles (16, 21, 28). Quant à l'impact du type de progestagènes sur la fertilité dans l'exploitation B, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements MAP et FGA, ce qui concorde avec les résultats obtenus par plusieurs auteurs chez des brebis de races très différentes, comme les races Ile de France x Suffolk x Finnish Landrace (5), Greyface, Halfbred ou croisement de Suffolk (25), Corriedale (27), ou Polwarth et Polwarth x Ile de France (31).

Les performances reproductives des lots traités avec les implants de mélatonine ont été significativement plus faibles que celles des lots traités avec les progestagènes combinées à l'eCG (exploitations A et C). En effet, les traitements à base de mélatonine ont une incidence positive en contre-saison ou en période de faible activité sexuelle (4, 20), et leurs effets peuvent varier chez les brebis du bassin méditerranéen en fonction de la race, de la période du traitement, des antécédents de la fonction reproductrice (23) et du plan de nutrition appliqué au sein des élevages (18). Les taux de fertilité enregistrés après la première saillie ont été significativement plus élevés (40,9 p. 100) ( $p < 0,01$ ) dans l'exploitation A que dans les exploitations C et D. Toutefois, les taux de fertilité enregistrés

après la deuxième saillie dans les exploitations A, C et D (respectivement 33,6, 36,0 et 37,0 p. 100) n'ont pas présenté de différence significative ( $p > 0,05$ ). Le traitement instauré précocement dans l'exploitation A, associé à l'effet bélier, s'est révélé plus performant que celui mis en place tardivement dans l'exploitation C avec l'effet bélier, et dans l'exploitation D précocement et sans l'effet bélier, en accord avec les observations rapportées par Zuniga et coll. (35). Néanmoins, au sein de l'exploitation D, en dépit du traitement à base de mélatonine, les résultats de la fertilité obtenus à l'issue de la première saillie ont été semblables dans le lot traité et dans le lot témoin. Cependant, après la deuxième saillie, un tiers de l'effectif a présenté une meilleure fertilité que le lot témoin (0 p. 100) ( $p < 0,001$ ). Ainsi, malgré les faibles taux de fertilité enregistrés par les traitements à base de mélatonine, ceux-ci ont permis de stimuler l'activité cyclique et de promouvoir les taux de fertilité pour les cycles suivants, donnant lieu à des mises bas plus étalées dans le temps avec un taux global de fertilité de 55 p. 100 pour le lot traité et 17,5 p. 100 pour le lot témoin.

Les différences de résultats de fertilité observées dans le lot témoin entre les exploitations B et D pourraient s'expliquer par une différence d'état corporel (1, 24, 32) : les brebis de l'exploitation B avaient relativement un meilleur état corporel que les brebis de l'exploitation D.

La race Ouled-Djellal, faiblement prolifique, a répondu de façon variable aux différents traitements. Le traitement MAP + eCG 400 UI a permis d'améliorer le taux de prolificité à la première saillie, mais les écarts observés entre les exploitations A et B pouvaient s'expliquer par l'effet bélier présent dans l'exploitation B, étant donné que l'état corporel des brebis était relativement similaire. En effet, l'exposition permanente des femelles aux mâles a eu une influence négative sur le taux de prolificité par rapport à celles qui étaient isolées des mâles (21).

Les autres traitements (FGA + eCG 500 UI, et implant de mélatonine) n'ont pas semblé avoir d'impact sur la prolificité, alors qu'un effet améliorateur de la mélatonine sur la prolificité a été rapporté par Bister et coll. (9), et Abecia et coll. (3).

Le taux de prolificité varierait en fonction du nombre d'ovulations ainsi que des paramètres morphologiques de l'utérus gravide (33). Au-delà d'un certain seuil de concentration d'eCG, les brebis ne répondent plus favorablement aux traitements mais, au contraire, présentent des effets négatifs (6, 18), notamment des follicules anovulatoires ou un faible taux de conception (30). La morphologie utérine, quant à elle, doit être en mesure d'assurer l'espace

nécessaire au développement normal du ou des fœtus. Par conséquent, le premier mois de gravidité représente la période cruciale du développement embryonnaire et fœtal (6). L'inadéquation du nombre de fœtus avec l'espace utérin peut contribuer à leur dégénérescence, ou à les faire évoluer d'une façon très inférieure à la normale, donnant naissance à des produits de petite taille non rentables économiquement (14, 17).

## ■ CONCLUSION

La race Ouled-Djellal a présenté des performances reproductives appréciables en réponse aux traitements hormonaux utilisés. Toutefois, pour optimiser la production, il importe de tenir compte de ses propres aspects de reproduction. Un programme

de synchronisation des chaleurs par l'utilisation de progestagènes combinés à l'eCG et associés à l'effet bélier a fortement amélioré les performances reproductrices de la race au printemps. Les doses de 400 UI d'eCG ont été largement suffisantes pour obtenir d'excellents résultats. Le type d'éponge MAP ou FGA n'a pas eu d'incidence sur la fertilité ni sur la prolificité de la race.

Lorsque le traitement a débuté précocement (fin février à début mars) et a été associé à l'effet bélier, l'utilisation d'implant de mélatonine a donné des résultats comparables à ceux obtenus avec les progestagènes, et meilleurs qu'en période de forte activité sexuelle (avril à juin). Cependant, aucun effet améliorateur sur la prolificité n'a été constaté.

Il serait intéressant d'étudier les effets des différents traitements sur cette même race durant la période de faible activité sexuelle.

## BIBLIOGRAPHIE

1. ABBAS K., CHOUYA F., MADANI T., 2002. Facteurs d'amélioration de la reproduction dans les systèmes ovins en zones semi-arides algériennes. *Renc. Rech. Rumin.*, **9**.
2. ABBAS K., MADANI T., DJENNANE A.H., 2004. Amélioration des performances de reproduction des brebis Ouled Djellal en zones semi-arides algériennes avec un implant de mélatonine. *Renc. Rech. Rumin.*, **11**.
3. ABECIA J.A., FORCADA F., ZUNIGA O., 2002. The effect of melatonin on the secretion of progesterone in sheep and on the development of ovine embryos *in vitro*. *Vet. Res. Commun.*, **26**: 151-158.
4. ABECIA J.A., PALACIN I., FORCADA F., VALARES J.A., 2006. The effect of melatonin treatment on the ovarian response of ewes to the ram effect. *Dom. Anim. Endocrinol.*, **31**: 52-62.
5. AINSWORTH L., SHRESTHA J.N.B., 1983. Effect of type of intravaginal progestagen treatment on estrous response and reproductive performance of ewes. *Theriogenology*, **19**: 869-875.
6. AINSWORTH L., SHRESTHA J.N.B., 1985. Effect of eCG dosage on the reproductive performance of adult ewes and ewe lambs bred at a progestagen-eCG synchronized estrus. *Theriogenology*, **24**: 479-487.
7. ARBOUCHE R., ARBOUCHE H.S., ARBOUCHE F., ARBOUCHE Y., 2013. Facteurs influençant les paramètres de reproduction des brebis Ouled Djellal. *Arch. Zootec.*, **62**: 311-314.
8. BENOYOUNES A., LAMRANI F., 2013. Anoestrus saisonnier et activité sexuelle chez la brebis Ouled Djellal. *Livest. Res. Rural Dev.*, **25**.
9. BISTER J.L., NOEL B., PERRAD B., MANDIKI S.N.M., MBAYAHAGA J., PAQUAY R., 1999. Control of ovarian follicles activity in the ewe. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **17**: 315-328.
10. CHELLIG R., 1992. Les races ovines algériennes. Alger, Algérie, Office des publications universitaires, p. 1-80.
11. CHEMINEAU P., MALPAUX B., PELLETIER J., LEBCEUF B., DELGADILLO J.A., DELETANG F., POBEL T., BRICE G., 1996. Emploi des implants de mélatonine et des traitements photopériodiques pour maîtriser la reproduction saisonnière chez les ovins et les caprins. *Prod. Anim.*, **9**: 45-60.
12. COUROT M., VOLLAND-NAIL P., 1991. Conduite de la reproduction des mammifères domestiques : présent et futur. *Prod. Anim.*, **4**: 21-29.
13. CROSBY T.F., BOLAND M.P., GORDON I., 1991. Effect of progestagen treatments on incidence of oestrus and pregnancy rates in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, **24**: 109-118.
14. DZIUK P.J., 1968. Effect of number of embryos and uterine space on embryo survival in the pig. *J. Anim. Sci.*, **27**: 673.
15. ECHTERNKAMP S.E., 1982. Influence of breed and season on ovarian and pituitary response in progestagen-eCG-treated ewes. *Theriogenology*, **18**: 95-106.
16. EVANS A.C.O., DUFFY P., CROSBY T.F., HAWKEN P.A.R., BOLAND M.P., BEARD A.P., 2004. Effect of ram exposure at the end of progestagen treatment on estrus synchronisation and fertility during the breeding season in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, **84**: 349-358.
17. FAHMY M.H., CASTONGUAY F., LAFOREST J.-P., 1994. Uterine morphology and reproductive phenomena in relation to number of embryos at different stages of gestation in prolific sheep. *Small Rumin. Res.*, **13**: 159-168.
18. FORCADA F., ABECIA J.A., ZUNIGA O., LOZANO J.M., 2002. Variation in the ability of melatonin implants inserted at two different times after the winter solstice to restore reproductive activity in reduced seasonality ewes. *Aust. J. Agric. Res.*, **53**: 167-173.
19. GATENBY R.M., 2005. In: Iñiguez L. Ed., Characterization of small ruminant breeds in West Asia and North Africa, Vol. 2 North Africa. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 196 p. (ISBN 92 9127 177 3)
20. GOMEZ J.D., BALASCH S., GOMEZ L.D., MARTINO A., FERNANDEZ N., 2006. A comparison between intravaginal progestagen and melatonin implant treatments on the reproductive efficiency of ewes. *Small Rumin. Res.*, **66**: 156-163.
21. HAWKEN P.A.R., BEARD A.P., O'MEARA C.M., DUFFY K.M., QUINN K.M., CROSBY T.F., BOLAND M.P., EVANS A.C.O., 2005. The effects of ram exposure during progestagen oestrus synchronisation and time of ram introduction post progestagen withdrawal on fertility in ewes. *Theriogenology*, **63**: 860-871.
22. LAMRANI F., BENOYOUNES A., SULON J., SOUSA N.M., HORNICK J.-L., BECKERS J.-F., TAHAR A., 2012. Etude de la cyclicité en relation avec le poids vif et l'état corporel chez les agnelles Ouled Djellal nées en automne dans la région Est de l'Algérie. *Ann. Méd. Vét.*, **156**: 81-86.
23. LOPEZ SEBASTIAN A., INSKEEP E.K., 1991. Response of ewes of Mediterranean sheep breeds to subcutaneous implants of melatonin. *Livest. Prod. Sci.*, **27**: 177-184.
24. MADANI T., CHOUYA F., ABBAS K., 2009. Effect of oestrus synchronisation and body condition on reproduction of anoestrus Ouled Djellal ewes. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, **4**: 34-40.
25. O'DOHERTY J.V., CROSBY T.F., 1990. The effect of progestagen type, eCG dosage and time of ram introduction on reproductive performance in ewe lambs. *Theriogenology*, **33**: 1279-1286.
26. OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES, 2010. Enquête Emploi auprès des ménages. Alger, Algérie, ONS. (Coll. Statistiques n° 170/2012 Série S) [www.ons.dz/IMG/pdf/PUBLICATION\\_EMPLOI\\_2010.pdf](http://www.ons.dz/IMG/pdf/PUBLICATION_EMPLOI_2010.pdf)
27. ROMANO J.E., RODAS E., FERREIRA A., LAGO A., BENECH A., 1996. Effects of progestagen, eCG and artificial insemination time on fertility and prolificacy in Corriedale ewes. *Small Rumin. Res.*, **23**: 157-162.
28. ROSA H.J.D., BRYANT M.J., 2002. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small Rumin. Res.*, **45**: 1-16.

29. ROSADO J., SILVA E., GALINA M.A., 1998. Reproductive management of hair sheep with progesterone and gonadotropins in the tropics. *Small Rumin. Res.*, **27**: 237-242.
30. SAMARTZI F., BOSCO C., VAINAS E., TSAKALOF P., 1995. Superovulatory response of Chios sheep to eCG during spring and autumn. *Anim. Reprod. Sci.*, **39**: 215-222.
31. UNGERFELD R., RUBIANES E., 2002. Short term primings with different progestagen intravaginal device (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrous ewes. *Small Rumin. Res.*, **46**: 63-66.
32. VATANKHAH M., TALEBI M.A., ZAMANI F., 2012. Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive and productive traits in Lori-Bakhtiari sheep. *Small Rumin. Res.*, **106**: 105-109.
33. WU M.C., CHEN Z.Y., JARRELL L., DZIUK P.J., 1989. Effect of initial length of uterus per embryo on fetal survival and development in the pig. *J. Anim. Sci.*, **67**: 1767-1772.
34. ZARKAWI M., AL-MERESTANI M.R., WARDEH M.F., 1999. Introduction of synchronized oestrus and early pregnancy diagnosis in Syrian Awassi ewes, outside the breeding season. *Small Rumin. Res.*, **33**: 99-102.
35. ZUNIGA O., FORCADA F., ABECIA J.A., 2002. The effect of melatonin implants on the response to the male effect and on the subsequent cyclicity of Rasa Aragonesa ewe implanted in April. *Anim. Reprod. Sci.*, **72**: 165-174.

Accepté le 10.10.2014

## Summary

**Moumene A., Khammar F., Miroud K., Seboussi R., Guedaoura S., Bister J.L.** Progestagen- or melatonin-based treatments combined with ram effect in Algerian ewes in spring

To compare the effect of melatonin-based to progestagens with equine chorionic gonadotropin (eCG) based treatments used to improve the reproductive performance of Ouled-Djellal sheep breed, 829 ewes distributed among four farms (A, B, C, and D; n = 248, 351, 100, and 80; respectively) were monitored from March to October 2008. In farm B, progestagens improved fertility by 92.3% in ewes treated with medroxyprogesterone acetate (MAP) + eCG 400 IU, and by 84.1% in ewes treated with fluorogestone acetate (FGA) + eCG 500 IU, compared to 23.2% in the control group. The fertility rates obtained with melatonin implants after first mating in farms A and C were significantly lower than those obtained with progestagens + eCG (A: 40.9 vs 79.9%; C: 24 vs 70%). The fertility rate obtained with melatonin implants after first mating in farm A was higher (40.9%) than those obtained in farms C (24%) and D (17.5%). In farm D, melatonin implants improved total fertility compared to control (55.0 vs 17.5%, respectively). MAP + eCG 400 IU improved the conception rate at first mating in farms A (1.30) and B (1.70), whereas FGA + eCG 500 IU, and melatonin implants did not. Melatonin implants, in combination with the ram effect, and used at an early stage yielded good results that were similar to those obtained with progestagens.

**Keywords:** Sheep – Ouled-Djellal ewe – Fertility – Conception rate – Sexual reproduction – Melatonin – Progestagen – PMSC – Algeria.

## Resumen

**Moumene A., Khammar F., Miroud K., Seboussi R., Guedaoura S., Bister J.L.** Tratamientos a base de progestágenos o de melatonina combinados con el efecto carnero en la oveja Ouled-Djellal durante la primavera

Para comparar el efecto de los tratamientos hormonales a base de melatonina con aquellos a base de hormona gonadotropina coriónica equina (eCG) sobre el mejoramiento de los rendimientos reproductivos de la raza ovina Ouled Djellal, se siguieron de marzo a octubre 2008, 829 ovejas distribuidas en cuatro explotaciones (A, B, C y D, respectivamente n = 248, 351, 100 y 80). En la explotación B, los progestágenos tuvieron un efecto mejorador, con una fertilidad de 92,3% para el tratamiento con esponjas vaginales con acetato de medroxiprogesterona (MAP) + eCG 400 UI, y de 84,1% para el tratamiento con esponjas vaginales con acetato de fluorogestona (FGA) + eCG 500 UI, contra 23,2% para los controles. Las tasas de fertilidad obtenidas en las explotaciones A y C con los implantes de melatonina después de la primera monta fueron significativamente menos importantes que los de los lotes tratados con los progestágenos y eCG (A : 40,9 vs 79,9% ; C : 24 vs 70%). La tasa de fertilidad obtenida con los implantes de melatonina en la explotación A después de la primera monta, fue más elevada (40,9%) que el obtenido en las explotaciones C (24%) y D (17,5%). En la explotación D los implantes de melatonina mejoraron la fertilidad total con respecto al grupo control (55,0 vs 17,5%). La fertilidad a la primera monta fue mejorada por el tratamiento MAP + eCG 400 UI en las explotaciones A (1,30) y B (1,70), mientras que los tratamientos FGA + eCG 500 UI y con implante de melatonina no tuvieron efecto sobre la fertilidad. La melatonina asociada al efecto carnero y utilizada precozmente dio buenos resultados, del orden de los obtenidos con los progestágenos.

**Palabras clave:** Ovino – Oveja Ouled-Djellal – Fertilidad – Prolificidad – Reproducción sexual – Melatonina – Progestágena – PMSC – Argelia.

