

La brucellose bovine en Afrique Centrale

IV. Evaluation de son incidence économique et calcul du coût-bénéfice des opérations d'assainissement

par J. DOMENECH (1), J. COULOMB (2), P. LUCET (3)

(1) I.E.M.V.T. - Laboratoire de Farcha-N'Djaména, Tchad.

Adresse actuelle : I.E.M.V.T. - C.R.V.Z. de Port Laguerre, B.P. 25, Païta, Nouvelle-Calédonie.

(2) I.E.M.V.T. 10, rue Pierre-Curie 94704 Maisons-Alfort, France.

(3) Institut Pasteur B.P. 61 Nouméa, Nouvelle Calédonie.

RÉSUMÉ

La brucellose bovine, dans les régions où le taux d'infection est de 30 p. 100 des femelles reproductrices (soit 20 p. 100 environ du cheptel total), entraîne des pertes économiques d'environ 5,8 p. 100 du revenu brut par animal élevé.

Or, cette maladie connaît une incidence analogue, ou plus élevée, dans la plupart des pays africains, ce qui situe bien l'étendue du problème.

L'utilisation d'un modèle de simulation informatique d'évolution du troupeau a permis d'étudier les coûts-bénéfices des opérations d'assainissement. Deux types de zones ont été testées : zone à taux d'infection élevé (30 p. 100 des femelles reproductrices à sérologie positive) et zone à taux d'infection très élevé (près de 40 p. 100 des femelles reproductrices infectées).

Dans les deux cas, abstraction faite de l'incidence sur la santé publique, l'assainissement par la vaccination présente un intérêt économique certain.

Les schémas de prophylaxie applicables aux diverses conditions africaines d'élevage sont également discutés.

Dans certaines régions du Tchad et du Cameroun, où l'élevage bovin extensif constitue l'activité économique dominante, le taux d'infection brucellique atteint 30 p. 100 chez les femelles zébu adultes. Une telle situation justifierait la mise en application de mesures de prophylaxie appropriées — prophylaxie qui, dans les conditions propres à cet élevage, ne peut être que médicale dans la mesure où les résultats à attendre de cette opération seraient bénéfiques. Pour le savoir, il convient de chiffrer la totalité des pertes entraînées par la maladie et de les comparer aux bénéfices à attendre d'une telle prophylaxie, compte tenu des dépenses de toute nature destinées à la mettre en application.

L'exposé qui suit envisage les divers aspects de ce problème. Il est basé sur les résultats statistiques des enquêtes épidémiologiques et zoo-économiques menées dans ces régions de 1976 à 1980 et ceux obtenus à l'occasion d'une expérience pilote dont la durée (2 années) a été interrompue pour des raisons totalement indépendantes de notre volonté.

A. INCIDENCE ECONOMIQUE

1. Matériel et méthodes

Le calcul des pertes dues à la brucellose bovine en Afrique centrale a été fait en

choisissant une des enquêtes démographiques réalisées au Tchad, dans la région du Mandoul et de Léré (cf. carte, article III de cette série) (7) pour les raisons suivantes :

— Les modes d'élevage y sont variés, de même que les taux d'infection qui en résultent : faible incidence chez les agriculteurs-éleveurs de Léré (article III, échantillon 5, très petits troupeaux sédentaires), mais fréquence de la brucellose beaucoup plus élevée chez les éleveurs transhumants (Myssériés, échantillon 6), ou chez les éleveurs récemment sédentarisés dans le Sud Tchad (Dakarès du Mandoul, échantillons 7, 8 et 9, troupeaux de 100 têtes ou plus).

— Avec un taux d'infection global de 30 p. 100 des femelles reproductrices (soit 20 p. 100 environ de la totalité de ce cheptel), ces échantillons peuvent être considérés comme représentatifs de la situation enzootique qui prévaut dans de nombreuses régions d'Afrique.

— L'étude des carrières des femelles a été spécialement menée de même que le devenir des veaux (mortalité...). En contre-partie d'un nombre quotidien de questionnaires faible, nous considérons les résultats de ces enquêtes comme très fiables.

Les paramètres zootecniques ont été utilisés dans un modèle de simulation informatique (*) qui a permis de comparer les résultats économiques de l'élevage contaminé, et ceux que l'on aurait dans un élevage indemne de brucellose.

On distinguera les paramètres du troupeau contaminé, c'est-à-dire du troupeau tel qu'il était au moment de l'enquête, avec 30,4 p. 100 de femelles à réaction sérologique positive, et ceux d'un troupeau théorique indemne, pour lequel on a retenu les paramètres observés sur les animaux indemnes.

— premier vêlage à 4 ans révolus dans les deux cas (troupeau contaminé et indemne) ;

— fécondité (cf. article III, tabl. VI) :

- troupeau indemne : 63,3 p. 100,
- troupeau contaminé : 60,5 p. 100.

Les vaches contaminées ayant une fécondité de 54,4 p. 100, et le taux d'infection étant de 30,4 p. 100, le taux de fécondité moyen du troupeau contaminé est donc de :

$$(0,633 \times 0,696) + (0,544 \times 0,304) = 60,5 \text{ p. } 100.$$

— mortalité : (cf. article III, tabl. V).

Les taux retenus sont :

- troupeau indemne : classe 0 12,5 p. 100
- troupeau contaminé : classe 0 14 p. 100

Pour les classes d'âge supérieures à 1 an, aucune différence de mortalité n'est apparue entre les animaux issus de mères indemnes et ceux issus de mères brucelliques.

- Classe 1 5 p. 100
- Classe 2 3 p. 100
- Classe 3 et suivantes 2 p. 100

— taux d'exploitation par classe d'âge :

• mâles : les taux sont les mêmes, qu'il s'agisse des troupeaux contaminés ou des troupeaux indemnes.

- Classe 0 10 p. 100
- Classe 1 à 3 25 p. 100
- Classe 4 à 9 50 p. 100
- Classe 10 100 p. 100

• femelles : les taux d'exploitation ont été ajustés de façon à maintenir l'effectif des troupeaux constant ;

— poids et valeur des animaux : les chiffres retenus sont indiqués dans le tableau I ;

— production de lait :

La production moyenne de lait observée chez les vaches zébu de l'élevage traditionnel extensif est d'environ 680 l dont 210 l sont prélevés pour la consommation humaine (1). La valeur du litre de lait au moment de l'enquête était de 35 F CFA ; ce prix serait à cerner de plus près par suite des variations saisonnières des cours, de la valorisation de l'autoconsommation, et de divers autres facteurs.

2. RÉSULTATS

En vitesse de croisière, les résultats entre deux années consécutives fournis par le modèle de simulation sont résumés dans le tableau II.

3. DISCUSSION

— La brucellose bovine, à un taux d'infection de 30 p. 100 des femelles reproductrices,

(*) Modèle de simulation informatique d'évolution de troupeaux : « MODECO », I.E.M.V.T., Maisons-Alfort.

TABLEAU N°I - Poids et prix des animaux

Classes d'âge	Mâles		Femelles		
	Poids ^(*)	Prix ^(**)	Poids	Prix ^(***)	
				Troupeau indemne	Troupeau contaminé ^(****)
0-1	70	165	70	190	190
1-2	140	165	130	190	190
2-3	200	167,5	180	190	190
3-4	250	170	230	190	190
4-5	300	180	250	180	167,5
5-9	320	190	260	180	167,5
9-11	320	190	260	160	149
11-12	320	190	260	150	139,5

(*) Poids en kg ; (**) Prix en F. CFA au kg ; (***) Une réfaction systématique d'environ 7 p.100 a été appliquée sur le prix au kg vif des femelles de 4 ans et plus du troupeau contaminé pour tenir compte de la moins value due à la vente des vaches présentant des hygromas ou arthrites brucelliques.

TABLEAU N°II-Effets économiques de la brucellose

	Troupeau indemne	Troupeau contaminé
Effectif des troupeaux	9 860	10 014
Rendement numérique	16,4 p.100	16 p.100
Productivité pondérale ^(*)	38,4 kg	37,2 kg
Croît du troupeau	-0,73 p.100	+ 0,08p.100
Valeur des animaux commercialisés	65 946 930F	62 199 060F
Valeur des animaux capitalisés ^(**)	- 247 751F	+ 26 417F
Total	65 699 179F	62 225 477F
Production de lait :		
en volume	405 250 l	406 500 l
en valeur	14 183 750F	14 227 500F
Revenu brut total	79 882 929F	76 452 977F
Revenu brut par animal entretenu :		
viande	6 663 F	6 214 F
lait	1 439 F	1 420 F
Total	8 102 F	7 634 F
Ecart (indemne-contaminé)	468 F	

(*) en kg vif ; (**) La valeur de capitalisation est introduite de façon à pondérer les effets de la différence de taux de croît des troupeaux.

se répercute par une diminution de 5,8 % (468 F/8 102 F) du revenu brut par animal entretenu. Cette baisse du revenu est beaucoup plus importante en ce qui concerne la production de viande qu'en ce qui concerne la production de lait, tant en valeur absolue (449 F contre 19 F) qu'en valeur relative (6,7 % contre 1,3 %).

— L'incidence économique de la brucellose bovine est en fait très variable selon les régions. Il existe de nombreuses régions où cette affection est beaucoup plus importante que dans l'exemple choisi ; les pertes citées peuvent alors être largement dépassées.

Si l'on suit la classification de THIMM (27), notre exemple fait partie des cas où la brucellose, avec 16 à 25 p. 100 de sérologie positive (par rapport au cheptel total), a une haute incidence. Selon cet auteur, 20 pays africains sur 49, connaissent une situation analogue, ce qui situe bien l'étendue du problème.

Il faut cependant constater qu'à l'inverse, certaines zones sont peu infectées (échantillons 5, 12, 16, 17 et 18, par exemple, dans nos enquêtes menées au Tchad et au Cameroun - cf. article III (7) ; dans ces cas, les pertes économiques seront plus faibles, sinon négligeables.

— Les répercussions de la brucellose bovine sur la santé publique n'ont pas été incluses dans cette étude, bien qu'il soit proba-

ble que son rôle sur l'homme soit à prendre en compte, tant sous son aspect hygiénique qu'économique (8, 10, 21, 25) puisque la brucellose humaine est signalée dans la majorité des pays africains (27).

Cependant, l'incidence de la brucellose humaine, tant au point de vue médical qu'économique ne paraît pas possible, car :

— les statistiques des cas déclarés sont notoirement inférieures au nombre de cas réels ;

— la responsabilité de la brucellose bovine dans l'infection de l'homme est variable (4, 5, 26). Pour certains auteurs, elle semble être à l'origine de la plupart des cas, alors que pour d'autres, les petits ruminants et notamment la chèvre, sont le plus souvent mis en cause. Cette situation diffère selon les types d'élevage considérés, et les habitudes des populations (10, 25).

Il faut remarquer que pour la plupart des cas de brucellose signalés dans les hôpitaux africains, *Brucella melitensis* est isolée, *B. abortus* étant assez rarement en cause (15, 28).

— les enquêtes sérologiques indiquent bien des pourcentages d'infection élevés (4, 10), en particulier dans le Sahel, chez les bergers et leurs familles. Il n'est cependant pas possible de savoir quelle est la proportion des malades par rapport au nombre de sérums positifs. Le caractère souvent polymorphe, ou frustré de l'affection ne simplifie évidemment pas la tâche de l'enquêteur.

Les événements politiques survenus au Tchad en 1979 ne nous ont pas permis d'effectuer l'enquête projetée à cet égard.

En conclusion, si la brucellose bovine a une incidence certaine sur la santé publique dont il faudrait tenir compte, le chiffrage des dommages qu'elle cause n'est pour l'instant pas possible.

— Au total, la brucellose bovine est une entité pathologique capable d'entraîner des pertes économiques notables.

Dans de nombreux pays africains, où existe un taux d'infection de l'ordre de 30 p. 100 des femelles adultes, le préjudice subi par l'éleveur (5,8 % du revenu brut par animal) n'est à considérer que si la lutte contre les calamités que sont, par exemple, la peste ou la péripneumonie contagieuse bovines (PPCB) a déjà permis d'aboutir sinon à leur disparition, du moins à leur raréfaction.

Par contre, la brucellose bovine occupe une place de premier plan en élevage semi-intensif ou intensif (ranches, fermes...) ; dans ces cas, la mise en place d'un plan de prophylaxie devient une nécessité absolue.

B. POSSIBILITÉS D'ASSAINISSEMENT DES TROUPEAUX

1. Méthodes de prophylaxie utilisables en Afrique centrale

1.1. Prophylaxie sanitaire

— La prophylaxie sanitaire offensive est illusoire en élevage africain traditionnel, bien que son efficacité soit établie (3, 16).

Il est, en effet, exclu que l'on puisse avant longtemps appliquer des plans prévoyant l'éradication de la brucellose par abattage des animaux à sérologie positive. Le dépistage serait déjà très difficile à organiser et l'abattage du cheptel infecté totalement irréalisable.

Quelques mesures pratiques simples doivent, cependant, être préconisées, telles la mise à l'écart, pendant quelques jours, de la vache avorteuse, l'enfouissement de l'avorton et du placenta, la non-ponction des hygromas... alors que la situation est totalement différente dans les ranches où le tri sérologique des animaux, lors de l'achat, doit être généralisé. De même, la réforme des femelles positives dans les troupeaux déjà constitués reste une solution souvent possible.

1.2. Prophylaxie médicale

En milieu africain, c'est la seule qui soit applicable. Plusieurs types de vaccins et de schémas d'utilisation sont décrits dans la littérature et ont été employés de par le monde.

En Afrique centrale, il faut tenir compte de certaines contraintes, essentiellement liées aux conditions d'élevage et de climatologie :

— en élevage transhumant, tout vaccin nécessitant un rappel sera difficile à employer. Ex. : souche H38 (6, 14) ou 45/20 (6), d'autant que le coût des interventions annuelles (dans le cas de la souche 45/20 surtout) annulerait une grande partie du bénéfice de l'opération.

— les températures intertropicales imposent que les vaccins vivants (type B19) soient conservés sous froid. Bien qu'il n'y ait là aucun

problème technologique insurmontable, cette contrainte peut parfois paraître trop dure à certains responsables, et les inciter à choisir un vaccin inactivé (type H38). Cette attitude nous paraît erronée, car l'équipement en réfrigérateurs et congélateurs est à peu près partout disponible car il est à la base de toute activité sanitaire pour l'élevage : lutte contre la peste et la PPCB, conservation des prélèvements pour diagnostics...

— la vaccination des adultes pourrait être préconisée dans les zones très infectées. Son efficacité dans les foyers aigus est sujette à caution dans la mesure où de nombreuses femelles sont déjà infectées (50 p. 100 au moins des femelles). De plus, on sait qu'il y a risque de focalisation génitale si on emploie la souche B19. Enfin, la sérologie deviendra positive de façon très durable, ce qui pourra contrarier les diagnostics ultérieurs, notamment au moment de l'introduction des animaux dans des ranches, ou pour des tests en vue de l'exportation.

Il ne faut cependant pas sous-estimer l'aspect psychologique ; lorsqu'un foyer apparaît, les éleveurs demandent et attendent une intervention vaccinale massive, qu'il est souvent difficile de refuser.

La vaccination de toutes les femelles, autour des foyers, peut être, elle, beaucoup plus efficace.

— le problème de la sérologie post-vaccinale positive, en cas de vaccination au B19 d'animaux âgés de plus de 8 mois, ou au H38, se pose dans des termes différents de ceux que l'on connaît dans les pays développés. L'éradication, par des mesures d'abattage des bovins infectés demeurera, en effet, encore longtemps utopique. Aussi ne faut-il pas trop se polariser sur cet aspect. L'utilisation de la voie conjonctivale, pour l'inoculation de la souche B19, pourrait d'ailleurs apporter une solution (9, 18, 19, 20) car les anticorps consécutifs à l'instillation sont très transitoires, même chez les bovins adultes.

En conclusion, quelques idées directrices peuvent être données :

a) Elevage sédentaire ou de petite transhumance.

— chaque fois qu'il est possible de retrouver les animaux à quelques mois d'intervalle, plusieurs solutions existent :

• vaccin B19, par voie sous-cutanée, sur les génisses de 4 à 8 mois.

avantages :

- une seule injection,
- pas d'anticorps post-vaccinaux persistants,
- bonne protection,

inconconvénients :

- thermolabilité,
- précautions à prendre en raison d'un certain pouvoir pathogène résiduel chez l'homme.

• vaccin B19 par voie conjonctivale :

avantages :

- bonne protection,
- pas d'anticorps post-vaccinaux,
- dose plus faible donc dépense plus réduite.

inconconvénients :

- protection des utilisateurs,
- problèmes de contention dans les couloirs à vaccination ?
- deux instillations, au minimum, à six mois d'intervalle,
- thermolabilité.

• vaccin inactivé, souche H38 :

avantages :

- bonne conservation,
- bonne protection,
- innocuité chez les femelles adultes (14, 22),
- pas de pouvoir pathogène chez l'homme.

inconconvénients :

- deux injections, au minimum, à deux mois d'intervalle,
- sérologie post-vaccinale positive pendant une durée variable (6, 14).

b) En élevage transhumant : vaccin B19, par voie sous-cutanée en une seule injection des génisses de 4 à 8 mois.

c) Dans et autour des foyers épizootiques et en général dans les régions à haut taux d'infection : vaccination de toutes les femelles du troupeau par :

- souche B19 par voie sous-cutanée ou, si possible, par voie conjonctivale (en deux interventions, sauf s'il s'agit déjà d'un rappel).
- souche H38 en deux interventions.

2. Evaluation du coût-bénéfice des programmes d'assainissement

Il semble qu'il soit possible de réduire de façon sensible les effets économiques de la

brucellose bovine, et même le taux d'infection du cheptel, par la mise en place de programmes de vaccination. Ces mesures médicales ont déjà fait leurs preuves dans de nombreux pays (11, 13, 24).

Le coût des interventions autorise-t-il l'emploi de tels programmes ?

L'utilisation du modèle de simulation informatique MODECO a permis d'étudier ce point.

2.1. Schémas de vaccination et hypothèses sur leur efficacité

En fonction de ce qui a été dit précédemment et en considérant que l'utilisation de la souche B19 par voie conjonctivale est une technique encore récente, dont l'efficacité est peut-être à confirmer — bien que quelques essais à petite échelle (9, 20, 23), ou à plus grande échelle (17) aient tous été très concluants — nous avons envisagé deux schémas d'intervention :

a) vaccination de toutes les femelles la première année, puis, les années suivantes, des jeunes femelles de 4 à 8 mois, avec la souche B19. L'hypothèse est que ce schéma appelé schéma 1 ou « rapide » dans la suite de notre exposé, raccourcira notablement la phase aiguë de la maladie dans le troupeau.

b) vaccination, à partir de la première année, des jeunes femelles de l'année, à l'âge de 4 à 8 mois, avec la souche B19 par voie sous-cutanée : schéma 2 ou « lent ».

Les premiers effets économiques de la vaccination sur le troupeau ne se manifesteront que quelques années après la première campagne de vaccination.

Les résultats à attendre sont résumés dans le tableau n° III.

Nous avons utilisé, pour tester ces deux schémas sur MODECO, les résultats d'enquêtes réalisées au Tchad en élevage extensif transhumant.

Compte tenu de notre expérience, et des analyses de THIMM (27) deux zones ont été choisies :

— zone moyennement infectée (échantillons 5 à 9, article III) : 30 p. 100 des femelles reproductrices sont positives ; zone classée « à haute incidence » selon THIMM.

— zone fortement infectée (échantillon 4, article III) : près de 40 p. 100 des femelles

reproductrices sont positives, soit environ 26 p. 100 du troupeau entier ; zone classée « à très haute incidence » par THIMM.

2.2. Paramètres zootechniques et économiques et coût des vaccinations.

— situation de départ : cf Tableau n° IV

— évolution des paramètres zootechniques pendant l'assainissement :

- taux de fécondité.

L'assainissement des troupeaux se traduira par la suppression de 80 p. 100 des avortements. Ceci provoquera, corrélativement, une augmentation du taux de fécondité qui passera de 60,5 à 61,5 p. 100 dans les zones moyennement contaminées, et de 60,8 à 62,4 p. 100 dans les zones fortement contaminées.

Dans le schéma d'assainissement n° 1, toutes les femelles étant touchées par la vaccination dès la première année, le taux de fécondité évoluera favorablement. Il atteindra soit 61,5, soit 62,4 p. 100, selon le cas, dès la deuxième année.

Dans le schéma d'assainissement n° 2, seules les femelles de moins d'un an étant vaccinées, le taux de fécondité n'évoluera que progressivement à partir de l'année 5, lorsque les premières génisses vaccinées atteindront l'âge de la reproduction ; il sera égal à 61,5 p. 100, ou 62,4 p. 100 selon la zone, à l'année 11, lorsque toutes les femelles du troupeau auront été vaccinées.

- taux de mortalité dans la première classe d'âge.

Si la mortalité des produits issus des vaches à sérologie antérieurement positive diminue de 20 p. 100, on aura pour l'ensemble de la première classe d'âge, en phase de croisière, une mortalité de 12,8 p. 100. Son évolution est instantanée dans le schéma 1 : elle se situe à l'année 3. Elle est progressive dans le schéma 2 : le taux de mortalité ne commence à varier qu'à partir de l'année 6, un an après que les génisses vaccinées l'année 1 aient atteint l'âge de la reproduction. Elle sera terminée l'année 13. On admettra qu'entre l'année 6 et l'année 13, elle suit une progression linéaire.

— paramètres économiques :

On a considéré que les paramètres économiques étaient les mêmes dans les deux types de zones : taux d'exploitation des mâles, poids et prix des animaux...

TABLEAU N°III-Schémas de prophylaxie médicale et effets attendus

Catégorie d'animaux à vacciner :	Schéma rapide (n° 1)	Schéma lent (n° 2)
	. 1ère année	Toutes les femelles
. 2e année et suivantes	Jeunes femelles de 4 à 8 mois	
Nombre de vaccinations par animal	Une seule pour la vie économique de l'animal	
Proportion du troupeau touchée	Totalité	
Durée de la campagne	Illimitée	
Résultats escomptés :		
. sur la fécondité	Diminution de 80 p.100 des avortements brucelligues	
. sur la mortalité	Diminution de 20 p.100 de la mortalité rapportée à la brucellose sur les veaux de 0 à 1 an.	
Echéance des effets :		
. Fécondité	2 ans après le début des interventions, amélioration immédiate de la fécondité.	4 ans après le début des interventions (entrée en reproduction de la première génération de génisses vaccinées) puis amélioration progressive de la fécondité jusqu'à ce que la première génération de génisses vaccinées atteigne la dernière classe des reproductrices.
mortalité	id. avec 1 an de décalage	id. avec 1 an de décalage

TABL. N°IV-Situation de départ dans les deux zones choisies pour tester sur MODECO les deux schémas de vaccination

	Zone moyennement contaminée	Zone fortement contaminée
Taux d'infection	30,4 p.100	37,9 p.100
Age au 1er vêlage	4 ans	4 ans
Taux de fécondité ^(*)	60,5 ⁽¹⁾	60,8 ⁽²⁾
Mortalité classe 0	14 p.100	14 p.100
classe 1	5 p.100	5 p.100
classe 2	3 p.100	3 p.100
classe 3	2 p.100	2 p.100
et suivantes		

(*) Les taux de fécondité sont ceux observés lors des enquêtes citées. Il sont calculés de la façon suivante :

(1) vaches à sérologie positive : F = 54,1 p.100
vaches à sérologie négative : F = 63,3 p.100
ensemble : F = (0,633 x 0,696) + (0,541 x 0,304) = 60,5 p.100

(2) vaches à sérologie positive : F = 55,4 p.100
vaches à sérologie négative : F = 64,1 p.100
ensemble : F = (0,641 x 0,621) + (0,554 x 0,379) = 60,8 p.100.

Seuls, les taux d'exploitation par classe d'âge des femelles varient, ceux-ci étant ajustés dans tous les cas pour maintenir l'effectif à peu près constant.

Tous ces paramètres ont déjà été chiffrés dans l'étude des pertes économiques.

— coûts des campagnes de vaccination :

Ils ont été calculés avec les hypothèses suivantes :

a) coût des vaccins :

Le vaccin antibrucellique, commercialisé actuellement en France au prix de 1,70 à 2,80 F CFA la dose, sera compté, rendu dans les chefs-lieux de circonscription d'élevage du Tchad, à 350 F CFA la dose.

b) coût des interventions :

Le coût est beaucoup plus difficile à estimer. Trois hypothèses ont été retenues.

Hypothèse 1 : la vaccination antibrucellique

est associée avec une autre vaccination obligatoire (peste, PPCB...). Dans ce cas, le coût de l'intervention n'est pas comptabilisé et seul est retenu le coût du vaccin (350 F CFA).

Hypothèse 2 : des campagnes spéciales de vaccination antibrucellique sont organisées. En se référant au PC15 (campagne conjointe contre la peste bovine), on peut estimer le coût de l'intervention à 333 F CFA. Le coût de la vaccination s'élève ici à :

$$350 + 333 = 683 \text{ F CFA.}$$

Hypothèse 3 : on se trouve dans des conditions de sous-emploi du personnel des secteurs vétérinaires. Si on estime les frais de personnel à 70 p. 100 du budget de fonctionnement, le coût de l'intervention est de $333 \text{ F} - (333 \times 0,70) = 100 \text{ F CFA}$.

Le coût de la vaccination s'élève dans ce cas à :

$$350 + 100 = 450 \text{ F CFA.}$$

Le mieux est de pratiquer autant que possible la multi-vaccination.

2.3. *Eléments d'appréciation de l'intérêt économique de l'assainissement*

L'intérêt économique de l'assainissement du troupeau a été apprécié à partir des données fournies par le modèle de simulation informatique sur une période de 20 ans, pour un troupeau hypothétique stationnaire d'environ 10 000 têtes.

Les différents cas étudiés se rapportent à :

— Deux situations d'infection brucellique : zone fortement ou moyennement infectée.

— Deux schémas d'assainissement : schéma rapide (schéma 1) et schéma lent (schéma 2).

— Trois hypothèses de coût d'intervention.

Deux critères d'évaluation ont été retenus :

— Taux de rentabilité interne : c'est une caractéristique intrinsèque des projets. Il est tel que le revenu actualisé soit positif si le taux d'actualisation lui est inférieur, et négatif s'il lui est supérieur.

— Bénéfice actualisé : c'est le revenu net calculé pour un taux d'actualisation déterminé.

2.4. *Résultats*

Les taux de rentabilité interne, et les bénéfices actualisés obtenus sont rassemblés dans les tableaux V et VI.

2.5. *Discussion*

Les bénéfices sont notables dans les deux types de zones étudiées ; le taux de rentabilité interne, dont les valeurs sont récapitulées dans le tableau V, est toujours élevé. Il passe de 12 % dans le cas le plus défavorable (zone moyennement infectée, schéma d'assainissement lent, coût par animal de 683 F CFA), à 53 % dans le cas le plus favorable (zone fortement infectée, schéma d'assainissement rapide, coût par animal de 350 F CFA). Il est évidemment d'autant plus élevé que le coût d'intervention est plus bas, et que la zone est plus infectée. Quels que soient le taux d'infection et le coût de l'intervention, il est toujours supérieur dans les schémas d'assainissement rapide : cette conclusion mérite d'être relevée, mais devra être confirmée sur le terrain par des essais en vraie grandeur.

Les variations du bénéfice actualisé, récapitulées dans le tableau VI, confirment les conclusions ci-dessus.

Un test de sensibilité a été effectué pour les deux schémas, en zone moyennement infectée, avec un coût d'intervention de 450 F CFA (tabl. VII). Dans les deux cas, le taux de

TABLEAU N°V-Taux de rentabilité interne (en p.100)

Taux d'infection de la zone	M o y e n		F o r t	
	Schéma 1	Schéma 2	Schéma 1	Schéma 2
Méthode d'assainissement				
Coût par animal :				
350 F CFA	44	29	53	27
683 F CFA	16	12	21	18
450 F CFA	33	23	40	24

TABLE. N°VI-Brucellose bovine en Afrique centrale : bénéfice actualisé des programmes d'assainissement (en milliers de francs CFA, pour un troupeau de 10 000 têtes, sur 20 ans)

Taux d'infection	M o y e n						F o r t					
	350 F		683 F		450 F		350 F		683 F		450 F	
Coût d'intervention												
Méthode d'assainissement (schéma 1 ou 2)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Taux d'actualisation :												
5 p.100	9861	6971	3455	2617	7937	5663	12724	11910	6311	7514	10708	10590
10 p.100	6765	3701	1594	588	5212	2766	8578	6250	3408	3107	7026	5306
15 p.100	4718	1908	267	< 0	3382	1190	5982	3174	1536	759	4647	2449
20 p.100	3291	885	< 0		2090	303	4257	1399	264	< 0	3058	810
25 p.100	2249	282			1137	< 0	3049	315	< 0		1940	< 0
30 p.100	1455	< 0			406		2165	< 0			1119	

TABLE. N°VII-Test de sensibilité : variation du taux de rentabilité interne en fonction de la variation du coût de l'intervention par animal et du prix de la viande sur le marché (avec l'hypothèse 450 F CFA)

Schéma d'assainissement	Schéma 1	Schéma 2
Variation du coût de l'intervention :		
- 30 %	48 %	31 %
- 15 %	40 %	26 %
0	33 %	23 %
+ 15 %	28 %	19 %
+ 30 %	23 %	16 %
Variation du prix de la viande :		
- 30 %	19 %	14 %
- 15 %	27 %	19 %
0	33 %	23 %
+ 15 %	39 %	27 %
+ 30 %	44 %	29 %

rentabilité interne montre une assez forte sensibilité, puisqu'il progresse du simple au double pour une variation de - 30 % à + 30 % du prix de la viande (de 14 à 29 %, ou de 19 à 44 %, selon le schéma d'assainissement) ou du coût d'intervention (de 23 à 48 % ou de 16 à 30 % selon le schéma d'assainissement).

L'ensemble de ces indications permet

d'affirmer que, vu sous le seul angle de l'économie des productions animales, abstraction faite de l'incidence que la maladie pourrait avoir sur la santé humaine, l'assainissement par la vaccination d'un troupeau infecté de brucellose, à des taux de 30 à 40 % présente un intérêt économique certain ; cette conclusion reste valable tant que le coût de l'intervention est inférieur à 917 F CFA pour le cas le plus défavorable (infestation moyenne, schéma rapide) ou inférieur à 1 490 F CFA dans le cas le plus favorable (infestation forte, schéma lent).

— Les bénéfices des campagnes de lutte pourront probablement être augmentés par l'abaissement du prix de la dose vaccinale : production dans les laboratoires africains, ou utilisation de la voie conjonctivale pour la souche B19 (dose = 1/20 de la dose utilisée en voie sous-cutanée).

— Tous nos calculs sont basés sur des hypothèses concernant l'efficacité des vaccinations. Bien que ces hypothèses s'appuient sur les résultats obtenus dans de nombreux pays, il est nécessaire de les vérifier sur le continent africain à grande échelle.

Nous avons pu suivre, pendant deux ans, dans une zone fortement infectée, une opération de prophylaxie effectuée selon le schéma rapide (souche B19). La guerre civile tchadienne ne nous a pas permis de prolonger l'observation, mais les premiers résultats mon-

traient déjà une chute très rapide du taux d'avortements dans les troupeaux vaccinés (environ 3 000 femelles vaccinées en 1977). Des quelques 10 000 femelles vaccinées en 1978 selon les schémas 1 ou 2 (12), il n'a pu être tiré aucune conclusion étant donné l'interruption brutale de nos travaux.

— L'intérêt économique des plans de prophylaxie est variable selon le taux de l'infection brucellique. Ces deux situations extrêmes sont représentées d'une part, par les zones peu infectées, où une intervention ne paraît pas rentable, et d'autre part, par les élevages semi-intensifs où l'association des prophylaxies médicale et sanitaire constitue un impératif absolu.

Il sera utile de définir, dans chaque secteur ou sous secteur vétérinaires, l'importance de la brucellose. Ces enquêtes, réalisées au niveau d'une petite zone, devront donc être nombreuses (exemple : pour le Tchad, il y a 89 postes vétérinaires).

Se pose alors le problème des possibilités en hommes et en matériel pour accomplir cette tâche, possibilités très souvent limitées, aussi bien pour les prélèvements que pour l'analyse microbiologique. Nous essaierons, dans un prochain article, de mettre au point une méthodologie d'enquête simplifiée, basée sur le simple comptage des hygromas brucelliques, à la portée de tous les chefs de poste vétérinaires.

C. CONCLUSION

Avec des pertes de l'ordre de 6 % du revenu brut par animal entretenu, la brucellose bovine revêt une importance économique notable, bien que largement inférieure aux grandes maladies de l'élevage, telles la peste ou la PPCB.

Encore faudrait-il envisager l'incidence sur

la santé publique, difficilement chiffrable actuellement, mais peut-être décisive.

On peut dire que, selon les régions, la brucellose se présente comme un problème majeur parfois, important souvent, négligeable rarement.

Le calcul du coût-bénéfice des programmes de prophylaxie montre qu'ils sont avantageux dans les zones à taux d'infection élevé (20 p. 100 du cheptel total positif en sérologie) et plus encore dans celles où ce taux est très élevé (plus de 25 p. 100 du cheptel total positif) ; or, ces zones représentent une majorité du territoire des pays d'Afrique centrale. Il est donc certain que des campagnes d'assainissement seront à mettre en œuvre dans un avenir proche.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr Y. CHENEAU, Directeur du Laboratoire de FARCHA, pour l'aide et les encouragements donnés tout au long de notre travail.

Nous remercions également les autorités vétérinaires du Tchad et du Cameroun, pour leur collaboration efficace, ainsi que les Drs TACHER G. (I.E.M.V.T.) et GAUMONT R. (Laboratoire Central de Recherches vétérinaires MAISONS-ALFORT) dont les conseils nous ont été très utiles, dans la conception de nos enquêtes et l'interprétation des résultats.

Addendum : Un article de E. CAMUS, actuellement sous presse dans la Revue d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, fait état de pertes économiques tout à fait comparables aux nôtres dans le Nord de la Côte-d'Ivoire. Un deuxième article, également sous presse, donne des résultats sur l'efficacité des vaccinations. L'observation porte sur deux années, et les hypothèses faites pour le schéma rapide reçoivent un début de preuve.

SUMMARY

Cattle brucellosis in central Africa

IV. Evaluation of its economic incidence and cost-benefit analysis of eradication campaigns

When cattle brucellosis affects 30 p. 100 of dams (i.e. about 20 p. 100 of the whole stock) economic losses are reckoned to amount to about 5.8 p. 100 of the gross income per head of cattle. A similar or higher incidence is observed in most African countries.

The cost-benefit analysis of the eradication campaign was carried out using a computer simulation model for herd growth.

2 kinds of zones were tested : a zone with a high infection rate (30 p. 100 of serologically positive dams) and a zone with a very high infection rate (40 p. 100 of infected dams).

In both cases, even if we leave the incidence on public health out, brucellosis eradication by vaccination is profitable.

Prophylaxis schemes suitable for the various systems of animal production in Africa are also discussed.

RESUMEN

La brucelosis bovina en África central.

IV. Evaluación de su incidencia económica y cálculo del coste - beneficio de las operaciones de saneamiento

La brucelosis bovina, en las regiones donde el porcentaje de infección es de 30 p. 100 de las hembras reproductoras (sea unos 20 p. 100 de todo el ganado), provoca pérdidas económicas de cerca de 5,8 p. 100 de la renta bruta por animal criado.

Ahora bien, dicha enfermedad tiene una incidencia análoga, o más elevada, en la mayor parte de los países africanos, lo que indica bien la extensión del problema.

La utilización de un modelo de simulación informática de evolución del rebaño permitió estudiar los costes-beneficios de las operaciones de saneamiento. Se comprobaron dos tipos de zonas : zona con porcentaje de infección elevado (30 p. 100 de las hembras reproductoras teniendo una serología positiva) y zona con porcentaje de infección muy elevado (cerca de 40 p. 100 de las hembras reproductoras infectadas).

En los dos casos, prescindiendo de la incidencia sobre la salud pública, el saneamiento por la vacunación presenta un interés económico cierto.

Se discuten también los planes de profilaxis aplicables a las varias condiciones africanas de ganadería.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTAUDIÈRE (L.). Complémentation alimentaire des veaux. Essais réalisés au Tchad. Rapport de synthèse. I.E.M.V.T., 1979.
- CAMUS (E.). Incidence clinique de la brucellose bovine dans le Nord de la Côte d'Ivoire, et vaccination contre la brucellose des bovins femelles du Nord de la Côte-d'Ivoire. Technique, résultats. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 1980, **33** (3) : 263-269 ; (4) : 363-369.
- CARPENTIER (T. E.). The application of benefit-cost analysis to compare alternative approaches to the brucellosis problem in California. in : New techniques in vet. epid. and econ. Proc. Symp. Univ. Reading, England, July 1976, p. 128.
- COLLARD (P.). Antibodies against Brucellae in the sera of healthy persons in various parts of Nigeria. *West Afr. Med. J.*, 1962 : 172.
- COX (P. S. V.). Brucellosis, a survey in South Karamoja. *East Afr. med. J.*, 1966, **42** : 43-50.
- DHENNIN (L.). Résultats de l'étude comparée de 7 vaccins antibrucelliques. Première partie : chez la génisse. *Bull. Acad. vét. Fr.*, 1973, **46** : 171-189. Deuxième partie : Primo-vaccination de vaches adultes. *Bull. Acad. vét. Fr.*, 1974, **47** : 339-353. Quatrième partie : Immunisation de la génisse et de la vache avec 1 ou 2 doses de vaccin H38 contre l'infection expérimentale à *Brucella abortus*. *Bull. Acad. vét. Fr.*, 1977, **50** : 167-181.
- DOMENECH (J.), LUCET (Ph.), VALLAT (B.), STEWART (Ch.), BONNET (J. B.), HENRIC (A.). La brucellose bovine en Afrique centrale. III. Résultats statistiques des enquêtes menées au Tchad et au Cameroun. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1982, **35** (1) : 15-22.
- F.A.O./O.M.S. 5^e rapport du Comité F.A.O./O.M.S. d'experts de la brucellose. 1971.
- FENSTERBANK (R.), PLOMMET (M.). Vaccination against bovine brucellosis with a low dose of strain 19 administered by the conjunctival route. IV. Comparison between two methods of vaccination. *Annls Rech. vét.*, 1979, **10** (1) : 131-140.
- GIDEL (R.), ALBERT (J. P.), LE MAO (G.), RETIF (M.). La brucellose en Afrique occidentale et son incidence sur la santé publique. Résultats de dix enquêtes épidémiologiques effectuées en Côte-d'Ivoire, Haute-Volta et Niger, de 1970 à 1973. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1974, **27** (4) : 403-418.
- HUGH JONES (M. E.), ELLIS (P. R.), FELTON (M. R.). An assessment of the eradication of bovine brucellosis in England and Wales. in : New Techn. in vet. epid. and econ. Proc. Symp. Univ. Reading, England, July 1976, p. 175.
- I.E.M.V.T. Laboratoire de FARCHA (Tchad). Rapports annuels 1977 à 1980 et Programmes de Recherches 1979 et 1980.
- JONES (L. M.), BERMAN (D. T.). The role of living vaccines in prophylaxis. Int. Symp. on Brucellosis (II). Rabat, 1975. in : Develop. biol. standard., Basel, S. Karger, 1976, **31** : 328-334.
- JOUBERT (L.), VALETTE (L.). Le vaccin antibrucellique inactivé H38 dans la prophylaxie de la brucellose des ruminants. *Bull. Soc. Sci. vét. Méd. comp. Lyon*, 1969, **71** : 65-92.
- LEFEVRE (M.), SIROL (J.), MAURICE (Y.), MONTEIL (J. C.). Contribution à l'étude de la brucellose humaine et animale au Tchad. *Méd. trop.*, 1970, **30** (4) : 477-488.

16. McCALLON (B. R.). The economics implications of brucellosis eradication in the U.S.A. *in* : New techn. in vet. epid. and econ. Proc. Symp. Univ. Reading, England, July 1976, p. 123.
17. NICOLETTI (P.), JONES (L. M.), BERMAN (T.). Comparison of the subcutaneous and conjunctival route of vaccination with *Brucella abortus* strain 19 vaccine in adult cattle. *J. am. vet. med. Ass.*, 1978, **173** (11) : 1450-1456.
18. PLOMMET (M.), PLOMMET (A. M.). Vaccination against bovine brucellosis with a low dose of strain 19 administered by the conjunctival route. I. Protection demonstrated in guinea pigs. *Annls Rech. vét.*, 1975, **6** (4) : 345-356.
19. PLOMMET (M.), PLOMMET (A. M.). II. Determination of the minimum dose leading to colonisation of the regional lymph nodes of cattle. *Annls Rech. vét.*, 1976, **7** (1) : 1-8.
20. PLOMMET (M.), FENSTERBANK (R.). III. Serological response and immunity in the pregnant cow. *Annls Rech. vét.*, 1976, **7** (1) : 9-23.
21. RENOUX (G.). Remarques sur la brucellose humaine. Int. Symp. on Brucellosis (II). Rabat 1975. *in* : Develop. biol. Standard., Basel, S. Karger, 1976, **31** : 223-226.
22. RENOUX (G.), PHILIPPON (A.), PLOMMET (M.). Vaccination antibrucellique des vaches en milieu infecté par le vaccin inactivé H38. *Recl. méd. vét.*, 1969, **145** : 253-255.
23. REYNAL (P.), CHASTELOUP (C.), PARDON (P.). Vaccination contre la brucellose bovine avec le B19 par voie conjonctivale. Essais sur le terrain. *Bull. Soc. vét. prat.*, 1978, **62** (5) : 2-11.
24. ROE (R. T.), MORRIS (R. S.). The integration of epidemiological and economics analysis in the planning of the Australian brucellosis eradication program. *in* : New techn. in vet. epid. and econ. Proc. Symp. Univ. Reading, England, July 1976. p. 81-94.
25. ROUX (J.). Epidémiologie et prévention des brucelloses. *Bull. O.M.S.*, 1979, **57** (2) : 179-194.
26. ROUX (J.), BAYLET (R.). Quelques données sur l'épidémiologie des brucelloses au Sénégal. *Méd. Afr. Noire*, 1971, **18** (11) : 813.
27. THIMM (B.), WUNDT (W.). The epidemiological situation on brucellosis in Africa. Int. Symp. on brucellosis (II). Rabat 1975. *in* : Develop. biol. Standard., Basel, S. Karger, 1976, **31** : 217.
28. WRIGHT (F. J.), COOKE (E. R. N.), D'SOUZA (J. ST.). Observations on brucellosis in Kenya. *Trans. r. Soc. trop. Med. Hyg.*, 1953, **47** : 117-129.