

UNIVERSITÉ PARIS XII
VAL DE MARNE - CRÉTEIL
UFR de Sciences
Spécialité : Sciences de la vie et de la santé

THÈSE

présentée par
Emmanuel COUACY-HYMANN

en vue d'obtenir le grade de
Docteur de l'Université de PARIS XII

LA LUTTE CONTRE LA PESTE BOVINE
EN CÔTE D'IVOIRE
COÛTS ET BÉNÉFICES
DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE
PROBLÈMES POSÉS POUR SON ÉRADICATION

Volume I

Soutenue le 30 mars 1994
devant la Commission d'Examen
composée de :

- Monsieur le Professeur R. MOREAU, Président
- Monsieur le Professeur B. TOMA, Rapporteur
- Monsieur le Professeur J.J. PANTHIER, Rapporteur
- Monsieur le Professeur P. de FELICE, Examineur
- Dr A. PROVOST, Examineur
- Dr G. TACHER, Examineur
- Mme M.F. THOREL, Examineur

REMERCIEMENTS

Nous exprimons toute notre reconnaissance aux membres du Jury :

- Monsieur le *Professeur R. MOREAU*, de l'Université de Paris XII Val-de-Marne, qui a accepté de présider le Jury de notre thèse;
- Monsieur le *Professeur B. TOMA*, de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Monsieur le *Professeur J.J. PANTHIER*, Directeur du laboratoire de génétique moléculaire de l'INRA, dont les remarques sur la conception de cette thèse nous ont été profitables et pour avoir accepté d'être les rapporteurs;
- Monsieur le *Professeur P. de FELICE*, de l'Université de Paris XII Val-de-Marne, Monsieur le *Docteur Vétérinaire A. PROVOST*, Directeur honoraire du CIRAD/EMVT, Monsieur le *Docteur Vétérinaire G. TACHER*, Economiste, Madame *M.F. THOREL*, Directeur adjoint de recherche du CNEVA, qui ont bien voulu participer à notre Jury.

Les travaux qui font l'objet de la présente thèse n'ont pu se dérouler que grâce au soutien actif du *Dr. A. ANGBA*, directeur du laboratoire central de pathologie animale (LCPA) de Bingerville et le *Dr. J. DOMENECH*, auxquels nous exprimons ici toute notre reconnaissance.

La partie épidémiologique de notre programme de recherches a été un travail d'équipe qui associa avec nous, le *Dr. J. DOMENECH* ainsi que tout le personnel technique du service de Virologie et du Contrôle de qualité des vaccins. Nous indiquerons spécialement *Mr. F.Y. BONI et Mr. B. SANOGO*, dont l'efficacité et la disponibilité furent constantes tout au long des quatre années d'études.

Nous tenons à remercier le *Dr. P. ACKAH*, directeur des Services vétérinaires et *Mme BOETE* pour leur entière collaboration en finançant nos missions sur le terrain et en mettant à notre disposition les documents comptables pour l'évaluation économique du projet PARC-CI. Nous adressons aussi nos remerciements à tous les responsables de la direction des Services vétérinaires sur le terrain et de la SODEPRA. Nous mentionnerons tout particulièrement : *Dr. J. ABO SOH, Dr. B.K. SERY, Dr. H. YABOUAFFO, Dr. P.M. CACOU, Dr. G. M'BRA, Dr. N.R. COFFIE, Dr. M.K. KOUASSI, Dr. D. KOUAKOU, Dr. P. ATSE et l'ensemble des encadrateurs, ces vaillants artisans de la SODEPRA*. Nous saluons également *l'ensemble des éleveurs* pour leur constante collaboration.

Nos remerciements vont à l'ensemble du personnel technique des laboratoires de pathologie animale pour leur collaboration dans la collecte des échantillons de vaccins et de sérums. Sans vouloir dresser une longue liste nous nommerons néanmoins : *Dr. A. KODJO, Dr. S. DIAWARA, Dr. D. VAZIN, Dr. K. KANGA, Dr. M. OUATTARA, Dr. B. CISSE*.

Nous souhaitons remercier vivement *Dr. P. FORMENTY et Dr. Y. LEFORBAN* qui ont accepté de continuer à animer notre service de Virologie pendant notre longue absence.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance aux *Drs. LOGINI et F. N'GOLO* du zoo d'Abidjan, *J.P. RAATH*, du Kruger National Park d'Afrique du sud et son équipe, pour nous avoir permis d'obtenir

des prélèvements sanguins sur les animaux sauvages. Nous remercions également *Mr. AKE* de l'IRHO la ME et *Dr. P. YESSO* de l'IDESSA (Bouaké) qui nous ont donné la possibilité d'entreprendre l'étude sur la disparition des anticorps antibovipestiques maternels chez les veaux; *Dr. S. CISSÉ* et *Dr. K. COUMI*, pour leur collaboration en ce qui concerne l'étude sur l'innocuité du vaccin homologue anti-PPR. Enfin, nous ne pouvons terminer sans remercier très sincèrement *Dr. A.F. IDRISSE*, directeur du laboratoire de Recherches vétérinaires de Farcha (Tchad) et ses collègues, pour avoir autorisé que nous y menions une étude sur le vaccin homologue anti-PPR. Nous citerons *Dr. B. KEBKIBA* avec qui nous avons réalisé cette expérience.

L'étude économique et la mise au point du test de diagnostic différentiel du virus bovine pestique et celui de la peste des petits ruminants ont été effectuées au CIRAD/EMVT (Maisons-Alfort, France), plus précisément dans le laboratoire "PATHOTROP" dirigé alors par le *Dr. P.C. LEFEVRE*. C'est grâce à son hospitalité et à celle de son équipe que nous avons pu mener à bien cette deuxième partie de notre travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous sommes tout particulièrement reconnaissant au *Dr. A. DIALLO* qui nous a accueilli dans son unité de Biologie moléculaire des Morbillivirus (PPRV et RPV). A lui revient aussi de nous avoir concrètement initié à la "casse des ADN et ARN", très à la mode à présent. Nous le remercions très sincèrement pour tout ce qu'il fait pour nous. A *M. BARBRON* et *A. HAFFAR*, pour les bons moments que nous avons passés ensemble (oui, ne retenons que ceux là!).

Nous exprimons notre grande gratitude à *Mr. J.P. GUILLOU* du CNEVA (Maisons-Alfort) et à son équipe pour nous avoir aidé à résoudre nombre de problèmes de manipulation. Nous osons espérer que les bases d'une fructueuse collaboration sont jetées pour que la fête continue.

Nous remercions *Dr. G. TACHER*, *Dr. G. SAINT-MARTIN* (CIRAD/EMVT) et *Dr. B. DUFOUR* (CNEVA à Maisons-Alfort) pour leur aide précieuse dans l'évaluation économique du projet PARC-CI; *Dr. A. PROVOST*, pour ses conseils lors de la rédaction de cette thèse; *Dr. G. UILENBERG*, pour son aimable disponibilité.

Nous avons également bénéficié de l'aide permanente de différents services du CIRAD/EMVT. Il nous est agréable de remercier ici les personnes qui les animent: Informatique : *Dr. D. PLANCHENAU*, *Dr. C. MEYER*, *Mme F. ROY*, *Mr. C. SAHUT*, *Mr. J.N. PAULOUS*, *Mme C. PANISSIER*, *Mme N. COQUILLE*, *Mme M.A. DUTOUR*, *Mme E. DUTEIL*; Documentation : *Melle G. THIERRY*, *Mr. P. MARTZLOFF*, *Mme M.F. NITCHEMAN*; Reprographie : *Mme C. LOWENSKI*, *Mme E. PAILLOUX*; Cartographie : *Mme I. GUILLET de ZBOROWSKI*; Pathotrop : *Mme M. SOHAKHA* et *Mme C. FAYS* : votre bonne humeur et votre disponibilité ont allégé notre séjour parmi vous. MÔ! (merci). Nous ne pouvons oublier *Mme M. GLADY* pour son dévouement, sa disponibilité et sa patience déployés à notre cause. Qu'elle en soit grandement remerciée.

Cette thèse correspond à quatre années de travail jonchées de joie, de rires, de déceptions. Il en est sorti un pavé de mots. Que tous mes proches trouvent ici mes remerciements sincères et me pardonnent pour des moments parfois pénibles passés à leurs côtés.

J'exprime ma grande affection à *mon père*, à *ma mère*, à *mon frère* et à *mes soeurs*.

A celle qui sera ma *Vénus dorée* et adorée!

SUMMARY

This study we carried out from 1989 to 1993 during the PARC-CI project is divided into 2 steps : the first one concerned the different aspects of the rinderpest (RP) eradication campaign and the calculation of its costs/benefits. We found that :

- the quality of the cold chain was good since vaccines were always found frozen. A total of 292 titrations for rinderpest valence were performed. All the titration levels were above the OIE/FAO standards i.e. $10^{2.5}TCID_{50}/ml$. Thus the animals were always vaccinated with a good quality vaccine and the seroconversion rate were : 82.6 p.100 for 6030 sera collected in 1989 and 87 p.100 for 4076 sera in 1990. However, the calves 3 months-1 year old and cattle from government ranch were less protected (< 70 p.100 and < 80 p.100 respectively) in comparison with the older cattle > 1 year (> 80 p.100);
- ivoirien livestock is free of rinderpest since 1986 and there is also no rinderpest virus (RPV) infection.

Our ex-post economical assessment of RP eradication campaigns in Côte-d'Ivoire showed that the costs of vaccinated animals vary from 101 FCFA to 71.9 FCFA (from 1989 to 1991). The internal rate of return (IRR) were very high : 31.7 - 88 p.100 depending on the mortality rate : 4 and 10 p.100 for the hypothesis "with vaccination project" and 10 to 40 p.100 for the the hypothesis "without vaccination project" during a period of 12 years with a herd of 1 million cattle. The benefit, in those conditions, was 518 millions FCFA to 4883.4 millions FCFA.

The second step of our study concerned :

- the development of a homologous PPR vaccine : the assays carried out in laboratory and in the field showed its efficacy with the doses $\geq 10^{2.5}TCID_{50}/ml$, is able to interrupt the transmission of both RP and peste-des-petits-ruminants (PPR) virus (RPV and PPRV respectively) to sensitive small ruminants in close contact with vaccinated and challenged ones with RPV or PPRV. It is also safe on pregnant females. The recommended dose is $10^3TCID_{50}/ml/animal$;
- the development of a rapid, specific, sensitive and differential diagnosis test of RPV and PPRV by PCR. It allows to amplify specific fragments of the N gene : 297 bp and 296 bp respectively. In addition, the restriction enzyme RsaI cleaves the RPV PCR-product but cannot cleave the PPRV one. These products are hybridized with specific non radioactive probes increasing the detection level of the test (detects 44.2 fg of genomic RNA corresponding to $2.4 \cdot 10^3$ molecules after cloning the PCR-product in a plasmid).

KEY-WORDS : *Rinderpest - Vaccine - OUA/IBAR/PARC - Côte-d'Ivoire Peste-des-petits-ruminants - PCR - Morbillivirus - Economy.*

TABLE DE MATIERES

(VOLUME I)

	PAGE
REMERCIEMENTS	2
SUMMARY	4
LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS	15
LISTE DES FIGURES	16
LISTE DES TABLEAUX	18
INTRODUCTION GENERALE	21

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PESTE BOVINE ET LES CAMPAGNES DE LUTTE MENEES EN AFRIQUE ET EN COTE-D'IVOIRE

CHAPITRE I : LA PESTE BOVINE	28
I.1 DEFINITION	28
I.2 SYNONYMIE	28
I.3 VIROLOGIE	28
I.3.1 MORPHOLOGIE ET TAILLE DU VIRUS BOVIPESTIQUE	28
I.3.2 COMPOSITION CHIMIQUE	29
I.3.3 ORGANISATION DU GENOME VIRAL ET REPLICATION VIRALE	29
I.3.4 PROPRIETES ANTIGENIQUES ET IMMUNOLOGIQUES	31
I.3.5 RELATIONS ANTIGENIQUES AVEC LES AUTRES MORBILLIVIRUS	33
I.3.6 POUVOIR PATHOGENE NATUREL	38
I.4 PATHOGENIE DE L'INFECTION BOVIPESTIQUE	38
I.4.1 SYMPTOMES DE LA PESTE BOVINE	39
I.4.2 DIAGNOSTIC EXPERIMENTAL	39
I.5 EPIDEMIOLOGIE DE LA PESTE BOVINE	39
I.5.1 EPIDEMIOLOGIE ANALYTIQUE	41
I.5.2 EPIDEMIOLOGIE PROSPECTIVE	41
I.6 PROPHYLAXIE MEDICALE	43
I.7 PESTE BOVINE DANS LE MONDE	43
I.7.1 ASIE, PROCHE ET MOYEN-ORIENT	43
I.7.2 EUROPE	44

CHAPITRE II : CAMPAGNES DE LUTTE EN AFRIQUE	44
II.1 PROJET CONJOINT N° 15	45
II.2 CAMPAGNE D'URGENCE EN AFRIQUE DE L'OUEST	45
II.3 PROJET PARC (PAN AFRICAN RINDERPEST CAMPAIGN)	46
II.3.1 RESULTATS DU PROJET PARC	47
II.3.2 COUT DU PARC EN AFRIQUE	49
II.4 PARC II OU PHASE DE CONSOLIDATION : 1992-1996	50
CHAPITRE III : L'ELEVAGE BOVIN ET LA SITUATION DE LA PESTE BOVINE EN COTE-D'IVOIRE	51
III.1 L'ELEVAGE BOVIN	51
III.1.1 EVOLUTION DE L'EFFECTIF BOVIN	52
III.1.2 REPARATION DU CHEPTEL BOVIN	52
III.1.3 COMMERCE DU BETAIL	53
III.1.4 PROBLEMES EPIDEMIOLOGIQUES LIES AU MILIEU	56
III.2 PESTE BOVINE EN COTE-D'IVOIRE	58
III.2.1 HISTOIRE DE LA PESTE BOVINE AVANT LE PC 15	58
III.2.2 PC EN COTE-D'IVOIRE : 1964-1969	58
III.3 PROJET PARC EN COTE-D'IVOIRE (PARC-CI) OU PROJET VETERINAIRE POUR LA COTE-D'IVOIRE	64
III.3.1 OBJECTIFS	64
III.3.2 FINANCEMENT DU PROJET PARC-CI	65
III.3.3 POLITIQUE D'ELEVAGE	67
III.3.4 EXECUTION DES CAMPAGNES DE VACCINATION	68

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE I : EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CAMPAGNES DE VACCINATION DE 1989, 1990 ET 1991	75
I.1 CONTROLE DE LA CHAINE DU FROID	75
I.2 CONTROLE DE LA QUALITE DES VACCINS	75
I.2.1 PLAN D'ECHANTILLONNAGE	75
I.2.2 PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS DE VACCIN	77
I.3 CONTROLE DE L'EFFICACITE DE LA CAMPAGNE DE VACCINATION : SEROLOGIE POST-VACCINALE	79
I.3.1 VALIDATION DU TEST ELISA INDIRECT	79
I.3.2 RECOLTE DE SERUMS DE JEUNES BOVINS	79

I.3.3 SUIVI DE VEAUX DE 1 MOIS A 1 AN D'AGE	79
I.3.4 PLAN D'ECHANTILLONNAGE DU CHEPTEL BOVIN NATIONAL	80
I.3.5 ECHANTILLONS RECUEILLIS ET REPARTITION DES SERUMS DU CHEPTEL NATIONAL BOVIN	85
I.3.6 ECHANTILLONS RECOLTES ET REPARTITION DES SERUMS BOVINS D'ORIGINE ETRANGERE	86
I.4 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE NATIONALE	87
I.4.1 RESEAU DE SURVEILLANCE DES SERVICES VETERINAIRES	87
I.4.2 RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA SODEPRA	87
I.4.3 CONTROLE AUX FRONTIERES	89
I.4.4 SONDAGE A L'ABATTOIR	89
I.4.5 LABORATOIRES DE PATHOLOGIE ANIMALE ET LEURS ANNEXES	89
I.5 METHODES D'ANALYSE AU LABORATOIRE	91
I.5.1 CONTROLE DE QUALITE DES VACCINS	91
I.5.2 SEROLOGIE POST-VACCINALE	91
CHAPITRE II : EVALUATION ECONOMIQUE DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE	94
II.1 ETUDE DES COUTS	94
II.2 ETUDE DES PERTES ECONOMIQUES	94
II.2.1 HYPOTHESE A : "AVEC PROJET DE VACCINATION"	95
II.2.2 HYPOTHESE B : "SANS PROJET DE VACCINATION"	95
II.3 ETUDE COUTS/BENEFICES DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE	96
II.4 CRITERES D'EVALUATION	96
CHAPITRE III : RECHERCHE DE LA CIRCULATION DU RPV CHEZ LES AUTRES ESPECES ANIMALES RECEPTIVES	96
III.1 PETITS RUMINANTS	96
III.2 PORCS	97
III.3 RUMINANTS SAUVAGES	97
III.4 METHODES D'ANALYSE	98
CHAPITRE IV : PROBLEME DE LA VACCINATION DES PETITS RUMINANTS AVEC LE VACCIN HETEROLOGUE ANTIBOVIPESTIQUE : DEVELOPPEMENT D'UN VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1	100
IV.1 EXPERIENCES PRELIMINAIRES	101
IV.1.1 ISOLEMENT DE LA SOUCHE PPRV-COTE-D'IVOIRE(PPRV-CI),	101
IV.1.2 DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE MORTELLE (DMM) DE LA SOUCHE D'EPREUVE PPRV-CI	101

IV.2	EXPERIENCE N° 1 : DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE EFFICACE (DME) DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1	102
IV.3	EXPERIENCE N° 2 : INNOCUITE DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1 SUR LES FEMELLES GESTANTES	103
IV.4	EXPERIENCE N° 3 : ESSAI DU VACCIN HOMOLOGUE EN GRANDEUR NATURE SUR LE TERRAIN	104
IV.4.1	TROUPEAUX VILLAGEOIS	104
IV.4.2	VACCINATION DANS LES ELEVAGES ENCADRES	106
IV.4.3	SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES REGIONS DE L'ETUDE	106
IV.5	EXPERIENCE N° 4 : DEVENIR D'UNE SOUCHE SAUVAGE DE PPRV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE OU HETEROLOGUE	107
IV.5.1	VACCINATION	107
IV.5.2	EPREUVE VIRULENTE	107
IV.5.3	SUIVI DES ANIMAUX	108
IV.5.4	PRELEVEMENTS	108
IV.6	EXPERIENCE N° 5 : DEVENIR D'UNE SOUCHE VIRULENTE DE RPV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1	112
IV.6.1	ANIMAUX	112
IV.6.2	VACCINATION	112
IV.6.3	EPREUVE VIRULENTE	112
IV.6.4	RELEVÉ DE TEMPERATURE	112
IV.6.5	PRELEVEMENTS	114
IV.7	METHODES D'ANALYSE	114
CHAPITRE V : METHODES DE DIAGNOSTIC PAR LA TECHNIQUE DE POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR)		115
V.1	CHOIX DES AMORCES SPECIFIQUES	115
V.2	EXTRACTION DE L'ARN VIRAL : METHODE DEVELOPPEE AU LABORATOIRE	115
V.2.1	PREPARATION DES ECHANTILLONS	115
V.2.2	EXTRACTION DE L'ARN VIRAL	116
V.3	DETERMINATION DES CONDITIONS OPTIMALES D'EXTRACTION DE L'ARN	116
V.3.1	TEMPS D'INCUBATION DE LA SUSPENSION VIRALE AVEC LE RNaid	116
V.3.2	EXTRACTION EN MILIEU NaI OU EN MILIEU DE GuSCN	117
V.3.3	EXTRACTION EN MILIEU ACIDE OU SANS MODIFICATION DU pH DU MILIEU REACTIONNEL	117
V.4	CULTURE DES SOUCHES DE RPV ET DE PPRV	117
V.5	REVERSE TRANSCRIPTION	118

V.6	AMPLIFICATION GENIQUE	119
V.7	PROGRAMME UTILISE POUR L'AMPLIFICATION GENIQUE	119
V.8	ESSAI D'AMPLIFICATION DU GENE N DES SOUCHES CONNUES DU RPV	120
V.8.1	RECHERCHE DE LA SPECIFICITE DES AMORCES DE RPV SUR LES SOUCHES DE PPRV	120
V.9	ESSAI D'AMPLIFICATION DU GENE N DES SOUCHES CONNUES DE PPRV	120
V.9.1	RECHERCHE DE LA SPECIFICITE DES AMORCES DE PPRV SUR LES SOUCHES DE RPV	120
V.10	RECONNAISSANCE DES PRODUITS DE PCR	120
V.10.1	ELECTROPHORESE EN GEL D'AGAROSE	120
V.10.2	PROFIL DE RESTRICTION PAR UNE ENZYME SPECIFIQUE : Rsal	121
V.10.3	HYBRIDATION MOLECULAIRE A L'AIDE DE SONDES NON RADIOACTIVES	121
V.11	DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DE LA REACTION	122
V.11.1	A PARTIR DE L'ADNc DE LA SOUCHE RBOK	122
V.11.2	A PARTIR DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHES SAUDI	122
V.11.3	A PARTIR DE L'ARN EXTRAIT DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHE RBOK OU AVEC LA SOUCHE YEMEN	122
V.11.4	A PARTIR DU TRANSCRIT DU PRODUIT DE PCR	122

PARTIE III : RESULTATS

CHAPITRE I :	EVALUATION DES CAMPAGNES DE VACCINATION	126
I.1	RESULTATS DES CAMPAGNES DE VACCINATION DE 1989, 1990,1991	126
I.2	RESULTATS DU CONTROLE DE LA CHAINE DU FROID ET DE LA QUALITE DES VACCINS	131
I.2.1	CONTROLE DE LA QUALITE DE LA CHAINE DU FROID	131
I.2.2	CONTROLE DE LA QUALITE DES VACCINS	131
I.3	EVALUATION DE L'IMMUNITE POST-VACCINALE ANTIBOVIPESTIQUE	133
I.3.1	VALIDATION DU TEST ELISA INDIRECT POUR LA SEROLOGIE POST-VACCINALE	133
I.3.2	DETERMINATION DU SERUM NEGATIF LOCAL DE REFERENCE	133
I.3.3	SEROLOGIE POST-VACCINALE DU CHEPTEL NATIONAL BOVIN	135
I.3.4	SEROLOGIE POST-VACCINALE DES ANIMAUX ETRANGERS	145
I.3.5	CINETIQUE DE DISPARITION DES ANTICORPS ANTIBOVIPESTIQUES D'ORIGINE MATERNELLE CHEZ LE VEAU	150
I.4	SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIE DU TERRITOIRE	151

CHAPITRE II : EVALUATION ECONOMIQUE DES CAMPAGNES DE VACCINATION	152
II.1 BILAN COMPTABLE DU PROJET PARC-CI	152
II.1.1 BILAN DE LA COMMERCIALISATION DES INTRANTS D'ELEVAGE	152
II.2 COUT DE LA COLLECTE DE SERUMS	156
II.3 COUT DES TROIS CAMPAGNES DE VACCINATION	156
II.4 MODELISATION COUTS/BENEFICES	157
II.4.1 MODELISATION DES COUTS	157
II.4.2 MODELISATION DE LA PRODUCTIVITE DU TROUPEAU	161
II.4.3 MODELISATION COUTS/BENEFICES	162
 CHAPITRE III : RECHERCHE DE LA CIRCULATION DU VIRUS BOVIPESTIQUE DANS LES AUTRES ESPECES ANIMALES RECEPTIVES	 164
III.1 ESPECES OVINE ET CAPRINE	164
III.1.1 CHEPTEL NATIONAL	164
III.1.2 PETITS RUMINANTS D'ORIGINE ETRANGERE	165
III.2 ESPECE PORCINE	165
III.3 RUMINANTS DE LA FAUNE SAUVAGE	165
III.4 PREVALENCE DE LA PPR	165
III.4.1 PETITS RUMINANTS NON VACCINES DU CHEPTEL NATIONAL	165
III.4.2 PETITS RUMINANTS D'ORIGINE ETRANGERE	165
III.4.3 ESPECE PORCINE	166
III.4.4 RUMINANTS DE LA FAUNE SAUVAGE	166
 CHAPITRE IV : ETUDE DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1	 167
IV.1 DETERMINATION DE LA DOSE MINIALE MORTELLE (DMM) DE LA SOUCHE VIRULENTE PPRV-CI	167
IV.2 EXPERIENCE N°1 : DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE EFFICACE (DME) DU VACCIN HOMOLOGUE 75/1	167
IV.2.1 INNOCUITE DU VACCIN	167
IV.2.2 PERIODE POST-EPREUVE	169
IV.2.3 ANALYSE SEROLOGIQUE	173
IV.3 EXPERIENCE N°2 : INNOCUITE DU VACCIN HOMOLOGUE SUR LES FEMELLES GESTANTES	177
IV.3.1 INNOCUITE DU VACCIN	177
IV.3.2 ANALYSE SEROLOGIQUE	178

IV.4	EXPERIENCE N°3 : RESULTATS DES ESSAIS EN GRANDEUR NATURE SUR LE TERRAIN DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR	179
IV.4.1	EN MILIEU VILLAGEOIS	179
IV.4.2	EN ELEVAGE ENCADRES	179
IV.4.3	SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE	179
IV.5	EXPERIENCE N°4 : DEVENIR D'UNE SOUCHE SAUVAGE PPRV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE OU HETEROLOGUE	183
IV.5.1	APRES VACCINATION	183
IV.5.2	APRES EPREUVE VIRULENTE	183
IV.5.3	ANALYSE SEROLOGIQUE	183
IV.6	EXPERIENCE N° 5 : DEVENIR D'UNE SOUCHE VIRULENTE DE RPV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE	184
IV.6.1	ANIMAUX VACCINES	184
IV.6.2	ANIMAUX TEMOINS EPROUVES	191
IV.6.3	ANIMAUX CONTACT NON EPROUVES	191
IV.6.4	REISOLEMENT DU RPV SAUDI D'EPREUVE	191
	CHAPITRE V : RESULTATS DU TEST DE DIAGNOSTIC PAR PCR	193
V.1	METHODE D'EXTRACTION DE L'ARN VIRAL	193
V.2	AMPLIFICATION GENIQUE DES SOUCHES DE RPV	196
V.3	SPECIFICITE DU COUPLE D'AMORCES B12/B2	198
V.3.1	ESSAI D'AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE B12/B2	198
V.3.2	RESTRICTION DES FRAGMENTS D'AMPLIFICATION PAR RsaI	198
V.3.3	HYBRIDATION MOLECULAIRE	199
V.4	AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE D'AMORCES P1/P2	202
V.5	DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DE LA REACTION	205
V.5.1	A PARTIR DE cDNA DE LA SOUCHE VACCINALE RBOK	205
V.5.2	A PARTIR DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHE SAUDI	205
V.5.3	A PARTIR DE L'ARN EXTRAIT DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHE VACCINALE RBOK OU YEMEN	205
V.5.4	A PARTIR DU TRANSCRIT DU PRODUIT DE PCR DE PPRV	205
V.6	ESSAI DES AMORCES B12/B2 ET P1/P2 SUR LES PRODUITS PATHOLOGIQUES	206

PARTIE IV : DISCUSSION

CHAPITRE I : EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CAMPAGNES DE VACCINATION	211
I.1 CAMPAGNES DE VACCINATION	211
I.1.1 CONTROLE DE QUALITE DES VACCINS	212
I.1.2 EVALUATION DE L'IMMUNITE POST-VACCINALE	213
I.2 CINETIQUE DE DISPARITION DES ANTICORPS ANTIBOVIPESTIQUES D'ORIGINE MATERNELLE CHEZ LE VEAU	218
I.3 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL	219
CHAPITRE II : ETUDE ECONOMIQUE DES CAMPAGNES DE VACCINATION ...	219
II.1 BILAN COMPTABLE	219
II.2 DETERMINATION DU COUT PAR ANIMAL VACCINE	220
II.3 CALCUL DU COUT/BENEFICE DU PROJET DE VACCINATION	221
II.4 QUEL ROLE POUR L'ETAT ET POUR L'ELEVEUR DANS LA POLITIQUE DE DEFENSE SANITAIRE?	223
CHAPITRE III : RECHERCHE DE LA CIRCULATION DU RPV DANS LES AUTRES ESPECES ANIMALES RECEPTIVES	224
III.1 RECHERCHE DE L'INFECTION BOVIPESTIQUE	224
III.2 PREVALENCE DE LA PPR	224
CHAPITRE IV : ETUDE DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1	225
IV.1 DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE EFFICACE (DME) ET DE L'INNOCUITE DU VACCIN HOMOLOGUE	225
IV.2 DEVENIR DU PPRV VIRULENT CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE OU HETEROLOGUE	226
IV.3 DEVENIR DU RPV VIRULENT CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE	226
IV.4 ESSAI DU VACCIN HOMOLOGUE EN GRANDEUR NATURE SUR LE TERRAIN	228
IV.5 ANALYSE SEROLOGIQUE SUITE AUX DIFFERENTES EXPERIENCES MENEES SUR LE VACCIN HOMOLOGUE	228

CHAPITRE V : METHODE DE DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL DU RPV PAR PCR . . .	229
V.1 AMPLIFICATION SPECIFIQUE DU GENE NRPV PAR B12/B2	229
V.2 AMPLIFICATION SPECIFIQUE DU GENE NPPRV PAR P1/P2	230
V.3 DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DU TEST DE DIAGNOSTIC . . .	230
CONCLUSION GENERALE	232
BIBLIOGRAPHIE	235

ANNEXES

(VOLUME II)

N°	TITRE	PAGE
1	STRUCTURE SCHEMATIQUE D'UN PARAMYXOVIRUS	4
2	CYCLE EPIDEMIOLOGIQUE DU VIRUS BOVIPESTIQUE	5
3	MISE EN PLACE DES PHASES DU PC 15 (1962-1976)	6
4	EVOLUTION DE L'EFFECTIF DES ESPECES DOMESTIQUES	7
5	EVOLUTION DES MODES DE TRANSPORT DU BETAIL DE 1985 A 1990	9
6	HISTOIRE DE LA PESTE BOVINE EN COTE-D'IVOIRE AVANT LE PC 15	9
7	NOMBRE DE VACCINATION ANNUELLES AU COURS DES DEUX PHASES DU PC 15 EN COTE-D'IVOIRE	15
8	VENTILATION DES CREDITS IVOIRIENS AU TITRE DES PHASES II ET III DU PC 15 (FCFA)	15
9	LE PROJET PARC-CI	16
	9.1 EXECUTION DU PROJET PARC-CI	16
	9.1.1 ORGANISATION DU PROJET	16
	9.1.2 CAMPAGNE DE COMMUNICATION	16

	9.1.3 FORMATION DU PERSONNEL	17
	9.1.4 MISSIONS DE SUPERVISION - HARMONISATION DES POLITIQUES TRANSFRONTALIERES ET COOPERATION SOUS-REGIONALE	18
	9.1.5 EQUIPEMENT	18
	9.2 COMMERCIALISATION DES MEDICAMENTS ET AUTRES INTRANTS D'ELEVAGE	19
	9.2.1 CADRE JURIDIQUE	19
	9.2.2 LANCEMENT DE L'APPEL D'OFFRE	19
9'	CIRCUIT DE PAIEMENT DES FOURNISSEURS PAR LA DSV	28
10	MILIEU DE CULTURE POUR LE CONTROLE DE QUALITE DES VACCINS	30
11	TECHNIQUE DE SERONEUTRALISATION VIRALE EN PLAQUE	31
12	TECHNIQUE D'ELISA INDIRECT	33
13	TECHNIQUE D'ELISA DE COMPETITION	36
14	PARAMETRES ZOOTECHNIQUES UTILISES POUR LA SIMULATION DE LA PRODUCTIVITE DE L'ECHANTILLON BOVIN	39
15	SERONEUTRALISATION VIRALE COMPARATIVE (SNVC)	46
16	TECHNIQUE D'IMMUNODIFFUSION EN GELOSE	46
17	SITES DE RESTRICTION DE R _{sa} I POUR LE PRODUIT DE PCR DE NRPV	48
18	TECHNIQUE D'HYBRIDATION MOLECULAIRE	49
18'	TRANSFERT DES PRODUITS DE PCR SELON SOUTHERN	55
19	COMPOSITION DES TAMPONS, MILIEUX ET REACTIFS UTILISES EN BIOLOGIE MOLECULAIRE	56
20	RESULTATS SEROLOGIQUES DE L'ANNEE 1989	59
21	RESULTATS SEROLOGIQUES DE L'ANNEE 1990	64
23	SIMULATION DE LA PRODUCTIVITE D'UN CHEPTEL BOVIN DE 1 MILLION DE TETES "AVEC ET SANS" PROJET DE VACCINATION CONTRE LA PESTE BOVINE SUR UNE PERIODE DE 12 ANS	69
24	CALCUL DU COUT/BENEFICE DES CAMPAGNES DE VACCINATION EN FONCTION DES HYPOTHESES A ET B	75
25	RESUME DU TABLEAU 44 : COUTS DE L'HYPOTHESE A (AVEC PROJET DE VACCINATION) UTILISES POUR LA SIMULATION (x 10 ⁶ FCFA)	91

LISTE DES PRINCIPALES ABREVIATIONS

- ADN : Acide désoxyribonucléique.
- AIEA : Agence internationale pour l'énergie atomique.
- ARN : Acide ribonucléique.
- CDV : Canine distemper virus.
- CSTR : Commission scientifique et technique pour la recherche.
- DEPC : Diéthylpyrocarbonate.
- DNTP : Déoxynucléotide triphosphate.
- DSV : Direction des Services vétérinaires.
- ELISA : Enzyme linked immunosorbent assay.
- FCFA : Franc CFA.
- IBAR : Interafrican bureau for animal resources
- IDESSA : Institut des savanes.
- MV : Measle virus.
- OIE : Office international des épizooties.
- OUA : Organisation de l'unité africaine.
- PANVAC : Pan african vaccine center.
- PARC : Pan African Rinderpest Campaign.
- PARC-CI : Pan african rinderpest campaign - Côte-d'Ivoire.
- PC 15 : Projet conjoint n° 15.
- PCR : Polymerase chain reaction.
- PDV : Phocine distemper virus.
- PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement.
- PPCB : Péripleumonie contagieuse bovine.
- PPR : Peste des petits ruminants
- PPRV : Virus de la peste des petits ruminants.
- RP : Rinderpest.
- RPV : Rinderpest virus.
- SAREC : South asian rinderpest eradication campaign.
- SNV : Séroneutralisation virale
- SNVC : Séroneutralisation virale comparative.
- SODEPRA : Société pour le développement des productions animales.
- TRI : Taux de rentabilité interne.
- USAID : United States agency for international development.
- VAN : Valeur actualisée nette.
- WAREC : West asian rinderpest eradication campaign.

LISTE DES FIGURES

N°	TITRES	PAGE
1	Carte génomique des Morbillivirus	30
2	Antigènes solubles tissulaires	34
3	Evolution comparée des anticorps neutralisants, fixant le complément et inhibant l'hémagglutination morbilleuse chez un bovin convalescent de la peste bovine	35
4	Relation antigénique entre les virus du groupe Morbilleux	36
5	Evolution phylogénique du genre Morbilleux	37
6	Symptômes de la peste bovine	40
7	Plan d'actions du PARC PHASE II de 1993 à 1996	50
8	Origine des bovins sahéliens vendus en Côte-d'Ivoire	54
9	Circuits commerciaux des bovins en Côte-d'Ivoire	55
10	Régions encadrées par la SODEPRA	76
11	Subdivision régionale d'encadrement	82
12	Détermination du sérum négatif local de référence	134
13	Extraction de l'ARN viral au "RNAid" : détermination du temps d'incubation et de la solution de lyse (thiocyanate de guanidium 6M et Nal 6M)	195
14	Extraction de l'ARN viral au "RNAid". Détermination du pH optimal du milieu réactionnel	195
15	Electrophorèse de l'ARN extrait au "RNAid"	197
16	Amplification du gène NRPV avec le couple d'amorces B12/B2. Electrophorèse en gel d'agarose à 2 p.100	197
17	Amplification du gène NPPRV avec le couple d'amorces B12/B2. Electrophorèse en gel d'agarose à 2 p.100	200

17'	Amplification du gène NPPRV avec le couple d'amorces B12/B2. Transfert des produits d'amplification et hybridation avec la sonde SB1	200
18	Essai de restriction par l'enzyme RsaI des produits d'amplification obtenus avec le couple d'amorces B12/B2	201
19	Amplification du gène NRPV avec le couple d'amorces B12/B2. Transfert des produits d'amplification selon Southern et hybridation avec la sonde SB1	201
20	Amplification du gène NPPRV avec le couple d'amorces P1/P2	203
21	Amplification du gène NRPV avec le couple d'amorces P1/P2	203
22	Essai de restriction avec l'enzyme RsaI des produits d'amplification obtenus avec le couple d'amorces P1/P2	204
23	Amplification du gène NPPRV avec le couple d'amorces P1/P2. Transfert des produits d'amplification et hybridation avec la sonde SP1	204
24	Détermination du seuil de détection du test de PCR	207
	24a : souche Yémen et souche RBOK	207
	24b : cDNA RBOK	207
	24c : Détermination du seuil de détection du test PCR (Clonage du produit de PCR dans le plasmide pGEM-T et transcription in vitro). Electrophorèse en gel d'agarose à 2 p.100	208
25	Détermination du seuil de détection du test PCR (Clonage du produit de PCR dans le plasmide pGEM-T et transcription in vitro). Transfert par dot-blot des produits de PCR	208

LISTE DES TABLEAUX

N°	TITRES	PAGE
1	Degré d'homologie entre les séquences de certaines protéines du RPV et celles du PPRV, MV, CDV (p.100)	33
2	Virulence (sur des bovins d'expérience) de quelques souches du virus bovipestique	42
3	Nombre de foyers de peste bovine en Afrique centrale et occidentale de 1969 à 1981	46
4	Récapitulatif du nombre de pays infectés entre 1980 et 1991	47
5	Nombre de sérums collectés par pays et par espèce animale	48
6	Répartition des différentes espèces animales en 1926 en Côte-d'Ivoire	51
7	Nombre de foyers de peste bovine de 1972 à 1973 en Côte-d'Ivoire	60
8	Effet de la peste bovine de 1983 à 1986 en Côte-d'Ivoire	63
9	Nombre de sites pour la collecte de vaccin	78
10	Nombre de flacons de vaccin recueillis durant les trois campagnes de vaccination en Côte-d'Ivoire	78
11	Nombre de sites effectifs de prélèvement de vaccin durant les trois campagnes de vaccination en Côte-d'Ivoire	79
12	Plan d'échantillonnage	83
13	Sérums prélevés au cours de la campagne de collecte 1989/1990 en Côte-d'Ivoire	85
14	Sérums prélevés au cours de la campagne de collecte 1990/1991 en Côte-d'Ivoire	86
15	Personnel effectif du réseau de surveillance de la SODEPRA	88
16	Sorties effectives par le service de Virologie du laboratoire de Bingerville	91
17	Récapitulatif du nombre de sérums recueillis et des analyses effectuées pendant le projet PARC-CI	99

18	Vaccin homologue anti-PPR. Expérience n°1 : DME. Protocole expérimental	103
19	Répartition des animaux vaccinés et témoins en fonction de la région	105
20	Nombre de sérums recueillis de J0 à J+1an et retenus pour l'analyse	106
21	Vaccin homologue anti-PPR. Expérience n°4 : Protocole expérimental	109
22	Vaccin homologue anti-PPR 75/1. Expérience n°5 : Protocole expérimental	113
23	Situation de la vaccination contre la peste bovine au 31/12/1989 en Côte-d'Ivoire	127
24	Situation de la vaccination contre la peste bovine au 31/12/1990 en Côte-d'Ivoire	128
25	Situation de la vaccination contre la peste bovine au 31/12/1991 en Côte-d'Ivoire	129
26	Taux estimé de perte de vaccin durant le projet PARC-CI	130
27	Résultats obtenus sur 292 titrages de la valence peste bovine ($DICT_{50}/ml$ exprimés en \log_{10})	132
28	Evaluation du test ELISA indirect	133
29	Résultats ELISA obtenus sur 167 sérums négatifs en SNV	134
30	Nombre de sérums récoltés en 1989/1990	136
31	Répartition des séropositifs en fonction de la classe d'âge, du type d'élevage et de la région : année 1989	137
32	Nombre de sérums récoltés en 1990/1991	141
33	Répartition des séropositifs en fonction de la classe d'âge, du type d'élevage et de la région : année 1990	142
34	Calcul du taux standardisé global de sérologie positive : Années 1989 et 1990 . . .	146
35	Couverture immunitaire des troupeaux bovins en fonction des régions et de l'année	147
36	Répartition des séropositifs en fonction de la classe d'âge et de l'origine : année 1991	148

37	Evaluation de l'immunité post-vaccinale ou post-infectieuse des animaux transhumants étrangers en fonction des pays d'origine	149
38	Evaluation de l'immunité passive antibovipestique chez des veaux : Elevage d'IRHO la Mé	150
39	Evaluation de l'immunité passive antibovipestique chez des veaux : Elevage d'IDESSA	151
40	Ventilation des dépenses au cours de la phase I du projet PARC-CI	153
40'	Dépenses effectuées sur les devis-programmes n° 1, 2, 3 par la DSV au cours du PARC-CI	156
41	Coût du flacon de sérum récolté pour l'évaluation de l'immunité post-vaccinale au cours du PARC-CI	157
42	Détermination du coût de l'animal vacciné durant le PARC-CI (FCFA)	158
43	Lutte contre la peste bovine : Projection des dépenses sur une période de 12 ans	159
44	Estimation du coût (FCFA) de la lutte contre la peste bovine à la fin du PARC-CI et après une simulation sur modèle informatique	160
45	Productivité du troupeau de 1 million de têtes sur une période de 12 ans (x 1000 bovins)	161
46	Détermination des valeurs résiduelles (x 1000 FCFA) : - sur le croît du troupeau (x 1000 bovins) - sur les investissements (x 1000 bovins)	162
47	Calcul des critères d'évaluation (VAN et TRI) des campagnes de prophylaxie contre la peste bovine : Projection sur 12 ans à partir d'un troupeau de 1 million de bovins; Taux d'actualisation : 10%	163
48	Prévalence de la PPR en milieu villageois non vacciné avec le vaccin hétérologue antibovipestique en 1990/1991 (Petits ruminants)	164
49	Répartition des séropositifs en fonction des régions (anticorps anti-PPR) en 1991/1992 en Côte-d'Ivoire	166
50	Estimation de la prévalence de la PPR chez les petits ruminants d'origine étrangère	166
51	Détermination de la dose minimale mortelle : Suivi clinique	168

52	Détermination de la dose minimale mortelle : Analyse sérologique	169
53	Vaccin homologue anti-PPR 75/1. Expérience n° 1 : Suivi post-vaccinal et post-épreuve virulente	170
54	Vaccin homologue anti-PPR 75/1. Expérience n° 1 : Analyse sérologique	174
55	Résultats sérologiques des troupeaux vaccinés avec le vaccin homologue anti-PPR .	181
56	Résultats sérologiques des troupeaux témoins avec le vaccin homologue anti-PPR .	182
57	Vaccin homologue anti-PPR. Expérience n° 4 : Suivi vaccinal et post-épreuve virulente	185
58	Vaccin homologue anti-PPR. Expérience n° 4 : Analyse sérologique	188
59	Vaccin homologue anti-PPR. Expérience n° 5 : Analyse sérologique et observations cliniques	192
60	Coût par animal vacciné lors du PC 15 et après application d'un taux d'inflation de 10%/an	220

INTRODUCTION GENERALE

L'élevage est d'une importance capitale en Afrique. Il représente l'essentiel des exportations de certains pays.

En Côte-d'Ivoire, l'élevage bénéficie depuis une vingtaine d'années d'un important soutien des autorités politiques afin de réduire la dépendance vis-à-vis de l'extérieur.

La démographie galopante de l'Afrique demande un effort et un investissement croissants dans le domaine de l'élevage (toutes espèces confondues) pour assurer l'approvisionnement en protéines d'origine animale. D'autre part, l'asphyxie de nos économies par la chute des cours des matières premières est aussi une raison pour maintenir le plein développement de ce secteur de l'agriculture. En effet ce dernier est à l'abri (ou presque) des spéculations du marché mondial parce que dépendant directement du principe de l'offre et de la demande régulé par la population africaine. Cette croissance de la population animale et principalement des bovins va de pair avec le développement d'infrastructures adéquates : hydrauliques, pastorales, pistes à bétail, pâturages améliorés, amélioration des performances des races pour une meilleure productivité, maintien des animaux en bonne santé par la lutte contre les maladies. Ce dernier point est essentiel parce que le bétail africain est malheureusement souvent victime de graves épizooties dont les principales sont la peste bovine, la péripneumonie contagieuse bovine (PPCB), la trypanosomose animale, anéantissant tout effort entrepris. Cependant, la lutte contre ces grandes épizooties et surtout contre la peste bovine a été injustement décriée comme cause de la désertification du Sahel par un surpâturage que l'augmentation numérique du cheptel peut créer. Mais refuser de combattre ces maladies du bétail serait une totale démission et, à terme, verrait la disparition de ce potentiel.

La lutte contre la peste bovine faite autrefois de façon dispersée et individuelle a été coordonnée de 1962 à 1976 sous l'égide du projet conjoint n° 15 (PC 15). Les résultats obtenus furent probants sans pour autant atteindre l'éradication. Néanmoins le contrôle de cette maladie fut possible. Pendant une dizaine d'années environ, la peste bovine a pratiquement disparu du continent à l'exception de deux zones, l'une centrée sur le delta interne du Niger et l'autre à cheval sur l'Ethiopie et le Nord de la Somalie (PROVOST, 1982). Une nouvelle vague épizootique a malheureusement atteint l'Afrique de l'Ouest à partir de 1980-1981, ce qui a nécessité une campagne d'urgence dans cette partie du continent. Cette recrudescence était due à la conjonction de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- le non respect des mesures conservatoires après le PC 15,
- la diminution des budgets des services vétérinaires.

La prophylaxie médicale à l'aide de la souche vaccinale de PLOWRIGHT et FERRIS (1962c) et l'abattage des animaux contaminés dans les foyers (dans certains cas) demeurent les deux méthodes utilisées pour circonscrire et juguler une épizootie de peste bovine.

Le nouveau projet PARC¹ (né à la suite de la campagne d'urgence de 1980-81), actuellement en exécution en Afrique a pour objectif principal l'éradication définitive de la peste bovine du continent. Pour cela, d'autres activités connexes ont été introduites dans le programme classique de prophylaxie :

- le contrôle de qualité des vaccins;
- le contrôle de l'efficacité des campagnes de vaccinations par la sérologie;
- la mise en place d'une nouvelle politique de l'élevage pour pérenniser les acquis obtenus.

L'éradication de la peste bovine suppose :

- l'absence totale de foyer de cette maladie dans toutes les espèces sensibles;
- l'absence d'infection bovine;
- le diagnostic différentiel entre la peste bovine et la peste des petits ruminants (PPR), surtout en sérologie. En effet les bovins infectés par le virus de la PPR (PPRV) font une forme inapparente de PPR mais une conversion sérologique est observée;
- l'arrêt de la vaccination des bovins et des petits ruminants avec le vaccin antibovine;
- le maintien d'un réseau de surveillance du territoire à savoir les structures de terrain;
- une surveillance accrue et efficace des mouvements de bétail;
- la pérennisation de ces résultats pour tendre vers l'étape de "pays indemne".

La Côte-d'Ivoire, régulièrement infectée par le bétail de commerce des pays sahéliens, a participé à ces différentes campagnes panafricaines de lutte contre la peste bovine.

Les travaux menés dans le cadre du projet PARC en Côte-d'Ivoire (PARC-CI) et qui font l'objet de cette thèse sont dictés par l'objectif primordial du PARC en Afrique. Ainsi pour atteindre ce but, cette étude se veut la synthèse de deux démarches : 1) suivre les campagnes de lutte : pour cela, il est apparu intéressant de vérifier la qualité de chaque maillon de la chaîne de prophylaxie qui va du vaccin lyophilisé (contrôle de la qualité des vaccins utilisés) aux résultats de la vaccination (contrôle de l'efficacité de la vaccination par la sérologie post-vaccinale) pendant les trois campagnes de prophylaxie.

¹Pan African Rinderpest Campaign

L'un des aspects le plus important à ce stade est le calcul de l'incidence économique de la lutte contre cette épizootie pour connaître le coût par animal vacciné.

La connaissance du coût de la vaccination aidera à calculer le coût/bénéfice des campagnes de lutte contre la peste bovine, après une simulation sur une période donnée des gains et des pertes, sous des hypothèses avec et sans projet de vaccination du cheptel.

2) donner les éléments scientifiques nécessaires devant permettre d'arriver au stade de l'éradication : la surveillance des espèces domestiques sensibles à la peste bovine est conjointement assurée par les agents de terrain de la direction des Services vétérinaires (DSV), de la SODEPRA² et les laboratoires. L'absence d'infection bovine est vérifiée sur un échantillon aléatoire et représentatif de sérums par le test ELISA. Le sondage a impliqué les bovins, les petits ruminants, les porcs et la faune sauvage. Cependant, la représentativité de l'échantillon de faune sauvage ne peut être respectée à cause des difficultés de capture.

L'arrêt de l'utilisation du vaccin antibovine risque de poser un problème réel dans les populations ovine et caprine pour lesquelles la prophylaxie contre la PPR oblige jusqu'à présent à l'emploi de ce vaccin. Ainsi, un vaccin homologue anti-PPR a été développé au cours de cette première phase du projet PARC pour participer de façon positive à l'éradication de la peste bovine, en offrant une alternative judicieuse aux Services vétérinaires pour continuer la prophylaxie contre la PPR dans les pays souffrant également de cette épizootie.

Par ailleurs, pour connaître le statut immunitaire des bovins et petits ruminants d'origine étrangère, des prises de sang ont été effectuées sur chaque troupeau passant un poste de contrôle.

D'autre part, se basant sur les techniques de biologie moléculaire, un test de diagnostic différentiel par PCR (Polymerase Chain Reaction) a été mis au point pour confirmer tout cas suspect.

Il est évident que cette épidémiosurveillance est coûteuse mais elle s'avère incontournable pour assurer dans le moyen terme la disparition effective du virus bovine (RPV). L'éradication de la peste bovine ne sera obtenue au niveau d'un pays sans courir de risques pour son cheptel non vacciné que lorsqu'elle le sera pour l'ensemble du continent africain.

Cette étude n'a pas été pensée dans son intégralité dès le début mais elle a évolué au cours du temps. C'est ainsi que les résultats peu satisfaisants obtenus sur les

²Société pour le développement des productions animales

veaux d'âge inférieur à 6 mois à l'issue de la première évaluation de l'immunité post-vaccinale de 1989 nous ont amené à suivre une cohorte de veaux nés de mères vaccinées, afin de préciser l'âge propice à la vaccination. Puis la recherche de l'infection bovine s'est étendue à l'espèce porcine et aux animaux sauvages. Enfin, un test de diagnostic a été développé pour compléter ceux qui existent.

L'intérêt de notre travail réside aussi dans le fait qu'il est le premier du genre réalisé sur la peste bovine en Côte-d'Ivoire. La détermination du coût/bénéfice des campagnes de prophylaxie peut servir à la définition de la politique de défense sanitaire. D'autre part, la synthèse des campagnes de lutte contre la peste bovine en Afrique et particulièrement en Côte-d'Ivoire en fait un document de base.

La difficulté de cette étude réside dans :

- sa durée qui a été établie sur plusieurs années;
- la disponibilité et la motivation des agents de terrain, surtout des encadreurs dont l'avenir est incertain;
- la représentativité des échantillons qui est à rechercher à tout instant afin de pouvoir extrapoler les résultats à l'ensemble du cheptel national;
- le coût des interventions.

Cette thèse traitant l'ensemble de ce sujet comprend deux volumes.

Le volume I se décompose selon le plan suivant :

La première partie fait une synthèse de la peste bovine et des campagnes de lutte menées en Afrique et en Côte-d'Ivoire.

La deuxième partie traite du Matériel et des Méthodes utilisés pour l'étude.

La troisième partie expose les résultats obtenus.

La quatrième partie comporte la discussion et la conclusion générale.

Le volume II comprend les annexes qui ne sont pas indispensables à l'analyse des résultats et à la discussion qui en découle.

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PESTE BOVINE ET LES CAMPAGNES DE LUTTE MENEES EN AFRIQUE ET EN COTE-D'IVOIRE

La synthèse bibliographique réunie dans cette **première partie** est composée de trois chapitres :

- Le CHAPITRE I présente la peste bovine et le virus bovipestique;
- Le CHAPITRE II résume les différentes campagnes de lutte conduites en Afrique;
- Le CHAPITRE III expose l'état de l'élevage bovin ivoirien dans son milieu naturel et la situation de la peste bovine en Côte-d'Ivoire.

CHAPITRE I : LA PESTE BOVINE

I.1 DEFINITION

La peste bovine est une maladie infectieuse très contagieuse, inoculable, affectant tous les animaux de l'ordre des Artiodactyles dont les bovidés sont parmi les plus sensibles. Elle est caractérisée cliniquement par de l'hyperthermie, un état typhique plus ou moins accusé et l'inflammation des muqueuses. Sur la muqueuse des voies digestives, particulièrement atteinte, sont observées des érosions et des lésions nécrotiques (CURASSON, 1932; JACOTOT et MORNET, 1967). L'agent responsable, le virus de la peste bovine fait partie des Paramyxoviridae (ANDREWES, 1965, cité par PLOWRIGHT, 1968), genre Morbillivirus.

Le genre Morbillivirus est un groupe très homogène formé de quatre virus antigéniquement très proches :

- virus de la rougeole (MV : Measles Virus)
- virus de la maladie de Carré (CDV: Canine Distemper Virus)
- virus de la peste bovine (RPV : Rinderpest Virus)
- virus de la peste des petits ruminants (PPRV : peste des petits

ruminants virus)(GIBBS et al., 1979).

A ce groupe sont maintenant rattachés les virus qui ont provoqué des épizooties chez les mammifères marins :

- chez les phoques en mer du Nord en 1988 (Phocine Distemper Virus: PDV) (OSTERHAUS et al., 1988; OSTERHAUS, 1989);
- chez les marsouins (Porpoise Distemper Virus)(KENNEDY et al., 1988; BARRETT et al., 1993b);
- chez les dauphins (Dolphin Distemper Virus) (DOMINGO et al., 1990; BARRETT et al., 1993b).

I.2 SYNONYMIE

en latin : Typhus bovim contagiosus ou Pestis bovina; en anglais : Steppe murrain (1490), Cattle plague (1551), Rinderpest (1865) (d'origine allemande); en allemand : Orientalische rinderpest ou Löserdürre; en espagnol : Peste bovina; en italien : Pesta bovina; en hollandais : Runderpest.

I.3 VIROLOGIE

I.3.1 MORPHOLOGIE ET TAILLE DU VIRUS BOVIPESTIQUE

La preuve que l'agent responsable de la peste bovine est un agent filtrable a été donnée en 1902 (NICOLLE et al., 1902). Mais c'est en 1962 que des précisions concernant sa morphologie et sa taille furent données grâce au microscope

électronique (PLOWRIGHT et al., 1962b) : c'est un virus enveloppé, pléioforme mais grossièrement sphérique. Sa taille varie généralement entre 120 nm et 300 nm peut atteindre 750 nm (*annexe 1*).

I.3.2 COMPOSITION CHIMIQUE

Le génome du RPV est composé d'une molécule d'ARN monocaténaire négatif (LIESS, 1964; PROVOST et al., 1965b; MATTHEW, 1982) long d'environ 16 000 nucléotides (BARRETT et al., 1991).

Il est englobé dans un manchon protéique formé essentiellement par la nucléoprotéine (N) à laquelle sont associées la phosphoprotéine (P) et la protéine L (Large Protein). L'ensemble forme la nucléocapside, de structure hélicoïdale (COMPANS et al., 1967).

Le virus comprend six protéines structurales reconnues (SATO et al., 1981; RIMA et al., 1986; KESARI et al., 1988; DIALLO et al., 1990a; BARRETT et al., 1991): N, P, L, H, F, M.

Ces six protéines structurales, associées au génome et à l'enveloppe empruntée à la cellule hôte constituent le virion. Il existe en plus deux autres protéines virales, non structurales, les protéines C et V, retrouvées uniquement dans les cellules infectées.

I.3.3 ORGANISATION DU GENOME VIRAL ET REPLICATION VIRALE

I.3.3.1 ORGANISATION DU GENOME VIRAL

Le virus se multiplie sur différents systèmes cellulaires : cellules rénales de veau, lignées cellulaires MDBK (Madin-Darby Bovine Kidney) et Véro, sont les plus permissives. L'infection de la cellule commence par l'attachement du virus à la cellule cible, grâce à la protéine H. Ensuite la protéine F (sous sa forme active F₁ et F₂) induit la fusion des deux membranes virale et cellulaire, entraînant ainsi la libération de la nucléocapside dans le cytoplasme de la cellule infectée. Dès lors, le complexe ARN polymérase-ARN dépendante entame la copie du génome en ARN messagers (ARNm) monocistroniques dans l'ordre N, P, M, F, H, L; ordre de disposition des gènes définis pour le virus de la rougeole qui doit être le même pour le RPV (BARRETT et al., 1986) (*fig. 1*).

La polymérase entame la synthèse des ARNm à partir de l'extrémité 3' du génome. Les gènes sont séparés par une séquence spécifique, qui sert de ponctuation, où l'enzyme libère le messenger synthétisé avant d'initialiser la copie du gène suivant (BARRETT et al., 1991). Il arrive cependant que ce signal ne soit pas lu : ceci conduit à la synthèse d'ARNm polycistroniques.

Carte génétique des Morbillivirus.

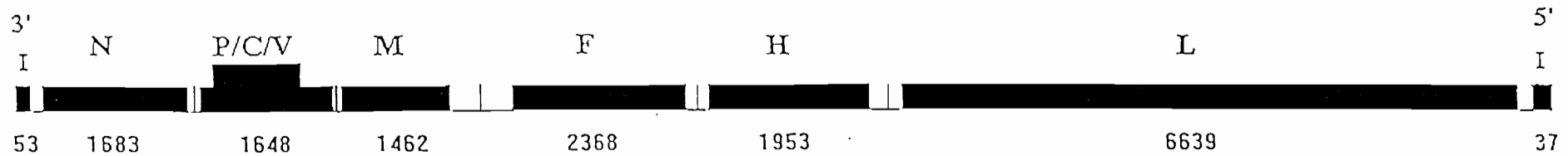


Figure 1 : la synthèse des ARNs messagers commence à partir de l'extrémité 3' de l'ARN génomique, d'où l'orientation de ce dernier de 3' vers 5'. Les lettres I indiquent les régions des "leaders", parties non codantes se trouvant à chaque extrémité du génome. Quant aux autres lettres, elles désignent la position des gènes de chacune des protéines virales. Les bandes en gras représentent les phases de lecture sur chacun des ARN messagers. Celui de la protéine P a deux phases conduisant à la synthèse de deux protéines supplémentaires non structurales, la C et la V. Les chiffres indiquent la taille de chaque gène d'après les résultats de séquençage obtenus avec le virus de la rougeole.

(source: BARRETT et al., 1993a)

Chaque ARNm est traduit en une seule protéine sauf celui correspondant à la protéine P, qui est lue selon deux phases. En effet, il y a synthèse de deux ARNm - l'un conduit à la synthèse de la phosphoprotéine P et de la protéine C selon deux cadres de lecture,

- l'autre donne la protéine V.

I.3.3.2 REPLICATION VIRALE

La réplication virale débute par la synthèse d'un brin d'ARN de polarité positive à partir de l'ARN génomique négatif. Puis ce brin positif est à son tour répliqué pour donner de vrais ARN génomiques de polarité négative.

Le passage de la transcription à la réplication virale se produit au moment où une quantité suffisante de protéine N a été synthétisée (PASTORET et al., 1991; BARRETT et al., 1993a). Les brins ARN négatifs, entourés des protéines N, P, L, constituent les nouvelles nucléocapsides qui vont migrer au niveau de la périphérie cellulaire, aux endroits où sont déjà insérées les protéines M, H et F. Le virion se forme et se libère par bourgeonnement en emportant une partie de la membrane cellulaire, qui devient ainsi son enveloppe. Il peut alors infecter une autre cellule; cependant il peut y avoir une propagation du virus sans libération préalable dans le milieu extérieur. En effet, une cellule infectée peut fusionner avec sa voisine grâce à la protéine F, phénomène aboutissant à la formation de syncytiums (PROVOST et al., 1961; PLOWRIGHT, 1962a).

I.3.4 PROPRIETES ANTIGENIQUES ET IMMUNOLOGIQUES

L'unicité du pouvoir antigénique du virus de la peste bovine est bien reconnue. Cependant, à l'heure actuelle et grâce aux anticorps monoclonaux, il est possible de mettre en évidence quelques différences d'épitopes entre certaines souches (SHESBERADARAN et al., 1986; ROSSITER et al., 1988; LIBEAU et al., 1990) mais cela ne conduit pas pour autant à établir des sérovars (BARRETT et al., 1993a).

I.3.4.1 ACTIVITES ANTIGENIQUES

Les principaux antigènes sont :

- *un antigène fixant le complément*, extrait d'organes infectés ou de cultures cellulaires, thermostable à l'ébullition, non précipitable par centrifugation à grande vitesse (BOULANGER, 1957; NAKAMURA et al., 1959).
- *des antigènes précipitants*, extraits d'organes infectés et des cultures cellulaires ultra-sonnées (STONE, 1960; PLOWRIGHT, 1962a; ISHI et al., 1964). L'un est thermolabile et de nature vraisemblablement protéique; les deux autres sont thermostables à l'ébullition (WHITE et al., 1962) (*fig.2*).

I.3.8.2 POUVOIR IMMUNOGENE

Il y a également unicité du pouvoir immunogène du virus bovine pestique c'est-à-dire qu'un animal guéri de la peste bovine ou vacciné est protégé à vie contre toutes les souches de RPV. Cette immunité est transmissible par injection de sérum de convalescent ou d'animal hyperimmunisé à un sujet sain (LALANNE, 1940).

L'immunité conférée est due à l'élaboration de divers anticorps, dont l'apparition au cours de la maladie correspond étroitement à la disparition de la virémie et des antigènes tissulaires (SCOTT et al., 1986).

Les principaux sont (*fig. 3*) :

- *les anticorps neutralisants* (WALKER et al., 1946) : induits par les protéines F et H, ils sont le support et le témoin de l'immunité, transmissibles au veau nouveau-né par le colostrum (SCOTT et al., 1958). De nature IgM dans un premier temps (3 à 4 jours après le début du syndrome clinique), ils deviennent des IgG par la suite. Stables pendant plusieurs années, ils décroissent sans pour autant disparaître (SCOTT et al., 1986). Leur activité est dirigée contre les antigènes de surface H et F. Chez le veau ayant absorbé le colostrum de la mère immune, il peut y avoir pendant 6 à 7 mois, une activité neutralisante de son sérum, de titre variable en fonction du titre sérique de sa mère (BROWN, 1958b; BROWN, 1958c). Lors de la vaccination antibovine pestique se pose le problème de l'âge du veau appelé le "hiatus immunitaire de l'âge" qui correspond à la période où celui-ci n'a plus d'anticorps d'origine maternelle et l'acquisition d'une immunité active par la vaccination (PROVOST, 1982). Il a été aussi montré que des animaux adultes pouvaient ne pas élaborer d'anticorps neutralisants même après plusieurs vaccinations en raison d'une hypogammaglobulinémie essentielle de ces sujets (PROVOST et al., 1965a).

- *les anticorps fixant le complément* : ils apparaissent précocement chez les bovidés convalescents (WALKER et al., 1946), mais pas dans le sérum des bovins réceptifs (NAKAMURA et al., 1959). Ils ne sont pas toujours décelés chez les animaux vaccinés. Ils disparaissent en quelques semaines. Leur mise en évidence est donc la preuve d'une infection récente mais leur absence n'a aucune signification.

- *les anticorps inhibant l'hémagglutination morbilleuse* (WATERSON et al., 1963): ils ont une cinétique qui ressemble à celle des anticorps fixant le complément. Comme ceux-ci, leur titre dépend de la virulence de la souche virale (THOME, 1965). Cette activité peut être saturée par les antigènes solubles tissulaires d'organes infectés par le RPV.

Il existe aussi des anticorps précipitants qui n'apparaissent que chez les animaux hyperimmunisés (SCOTT, 1962). Il s'agit d'IgG d'une durée de vie inférieure à celle des anticorps neutralisants et qui sont soumis aux effets de rappel.

L'immunité à médiation cellulaire interviendrait également par l'intermédiaire de la protéine N et participerait à cette immunité croisée rencontrée au sein de ce genre Morbillivirus ci-dessous décrite (BARRETT et al., 1993a).

I.3.5 RELATIONS ANTIGENIQUES AVEC LES AUTRES MORBILLIVIRUS

Entre les quatre premiers virus du genre Morbillivirus existe une très grande parenté antigénique et une immunité croisée (WARREN, 1960; VILLEMOT et al., 1961; PLOWRIGHT, 1962a; GORET, 1968; IMAGAMA, 1968; PROVOST et al., 1968; De BOER et al., 1975; APPEL et al., 1984; McCULLOUGH et al., 1986) (fig.4).

Nous retiendrons surtout la parfaite immunité croisée existant entre RPV et PPRV. Cela est mis à profit dans la pratique, pour vacciner les ovins et caprins contre la PPR avec le vaccin hétérologue antibovipestique.

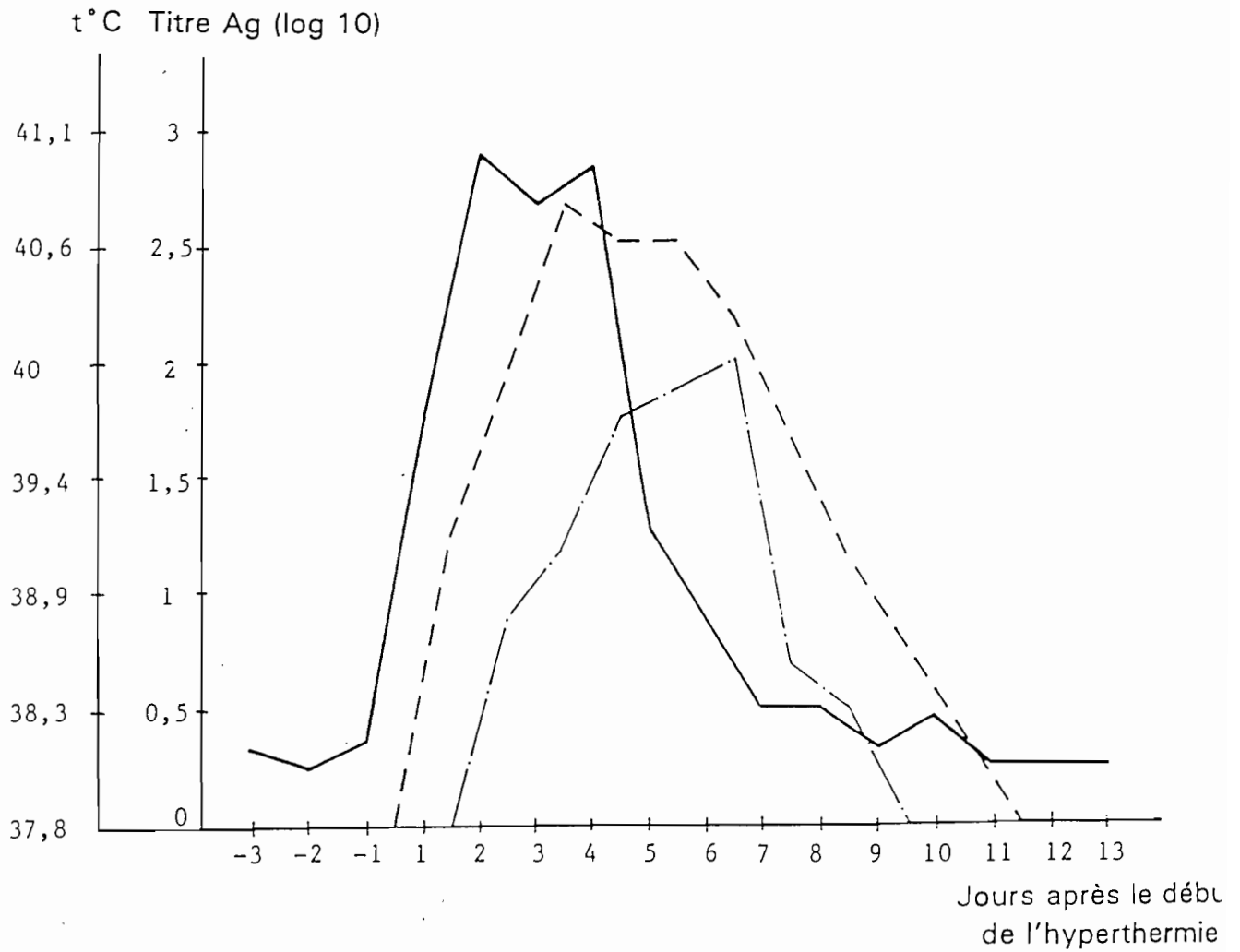
Ces relations antigéniques sont encore mieux précisées par les résultats de séquençage des gènes des différentes protéines (HSU et al., 1988; LIMA et al., 1990; BARON et al., 1993; BARRETT et al., 1993a; HAFFAR, communication personnelle, 1993; MEYER, 1993; DIALLO et al., 1994) et/ou par les anticorps monoclonaux (McCULLOUGH et al., 1986; SHESHBERADARAN et al., 1986) (tableau 1) :

TABLEAU 1 : DEGRE D'HOMOLOGIE ENTRE LES SEQUENCES DE CERTAINES PROTEINES DU RPV ET CELLES DU PPRV, MV, CDV (p.100)

VIRUS PROTEINES	MV	PPRV	CDV
N	74,6	73,8	67,2
P	59,8	75,8	44,2
M	88,1	84,8	76,4
F	77	75,2	64

D'après les résultats d'analyses réalisées avec les anticorps monoclonaux (NORRBY et al., 1985; McCULLOUGH et al., 1986), un dendrogramme a été dressé, puis d'après la séquence en acides aminés de la protéine N (BARRETT al., 1993a), un autre dendrogramme obtenu par ordinateur, montre la relation qui existe entre les membres du genre Morbillivirus. Il paraît que le RPV serait l'archétype des morbillivirus. Le CDV et le PDV se seraient détachés les premiers, suivis par le PPRV et enfin par le MV (fig.5).

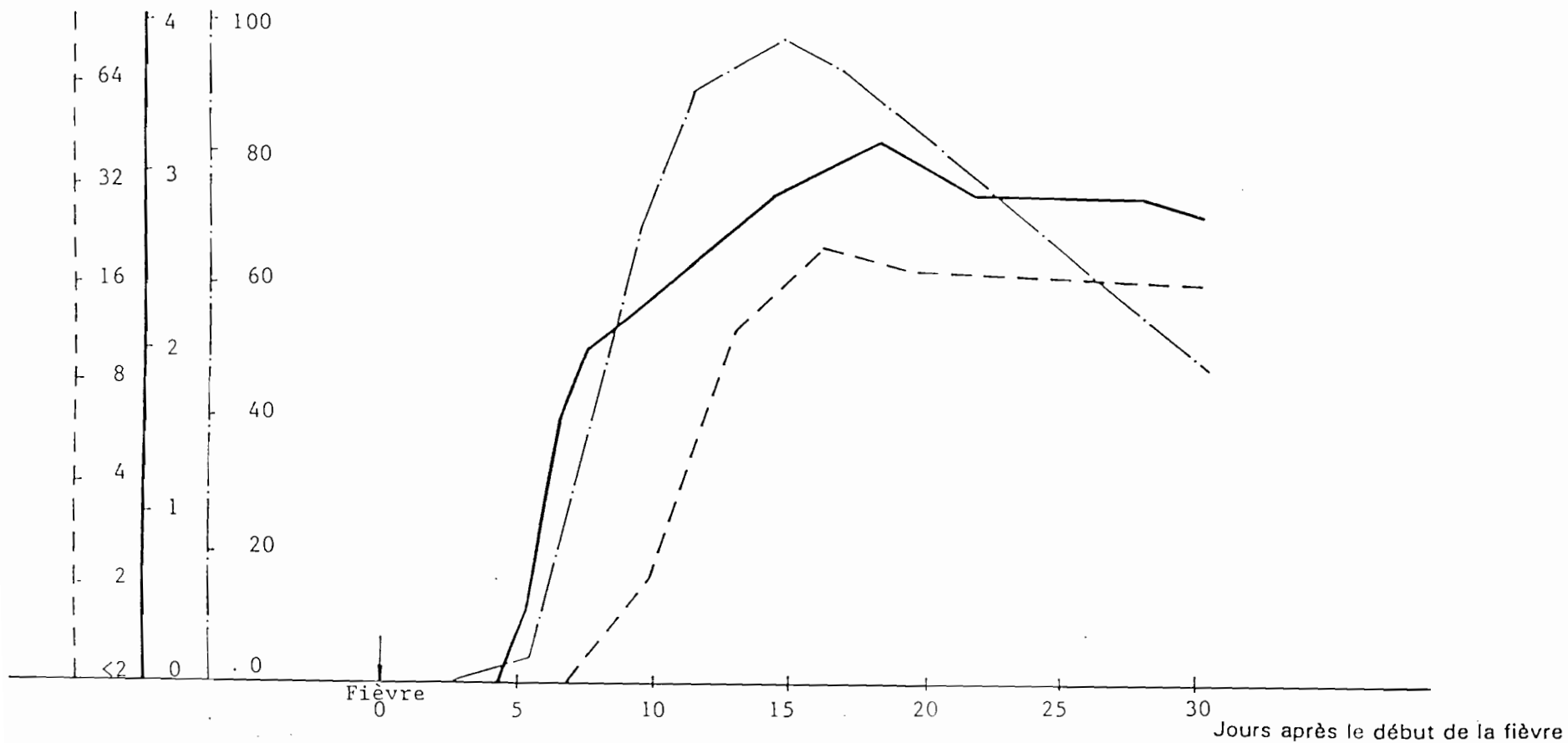
Fig.2 ANTIGENES SOLUBLES TISSULAIRES



- Fièvre
- - - Ag fixant C'
- · - · Précipitogène et vraisemblablement C.I.E.

(source : SCOTT et al., 1986)

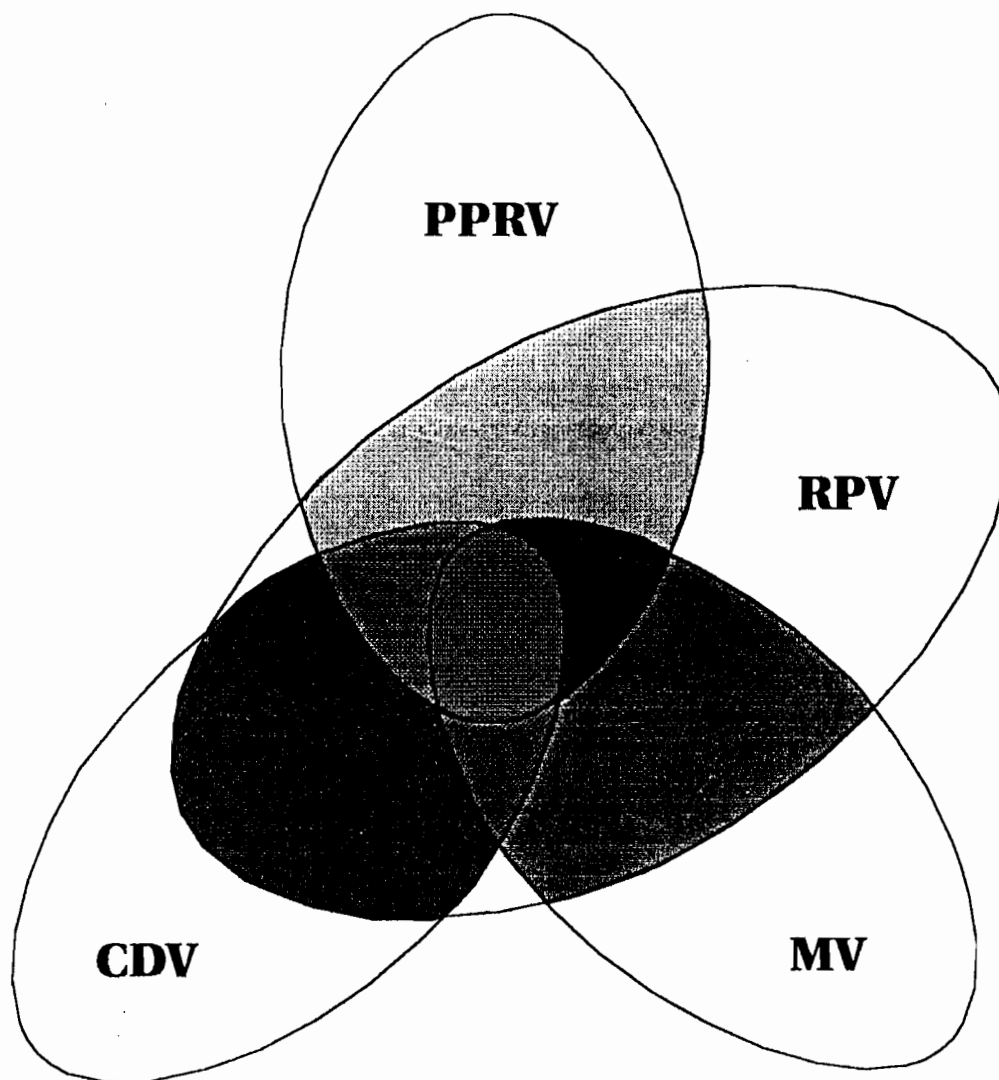
Fig.3 EVOLUTION COMPAREE DES ANTICORPS NEUTRALISANTS, FIXANT LE COMPLEMENT ET INHIBANT L'HEMAGGLUTINATION MORBILLEUSE CHEZ UN BOVIN CONVALESCENT DE LA PESTE BOVINE



(source : IEMVT, 1966)

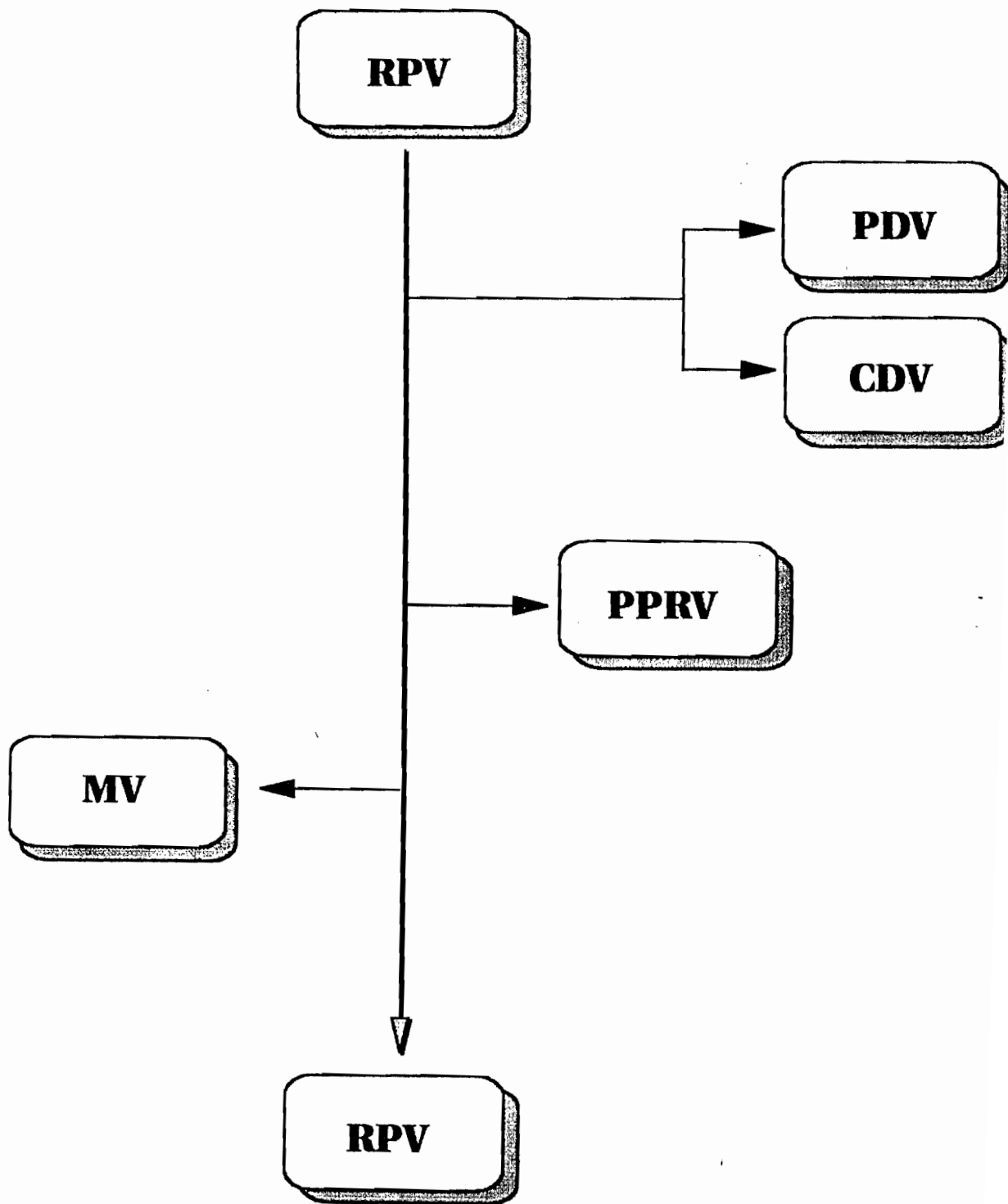
- Anticorps neutralisants
- - - Ac. inhibant l'hémagglutination
- · - Ac. fixant le complément

Fig. 4: RELATIONS ANTIGENIQUES ENTRE LES VIRUS DU GROUPE MORBILLIVIRUS



(Source : DIALLO, 1990b)

**Fig. 5 : EVOLUTION PHYLOGENIQUE
DU GENRE MORBILLIVIRUS**



**Sources : NORRBY et al., 1985
Mc CULLOUGH et al., 1986
BARRETT et al., 1993a**

I.3.6 POUVOIR PATHOGENE NATUREL

La peste bovine atteint naturellement les Artiodactyles (animaux à nombre pair de doigts) domestiques et sauvages. Ils sont presque tous réceptifs à des degrés divers (CURASSON, 1932; SCOTT, 1964) :

- **Porc** : la réceptivité semble dépendre de la race. En effet, les porcs domestiques asiatiques sont vulnérables à la maladie (KISHI et al., 1960; STODDART, 1964) tandis que les porcs européens et africains ne manifestent aucun signe apparent d'infection (SCOTT et al., 1986). En dehors des bovins, nous citons les espèces sur lesquelles nous avons travaillé :

- **Petits ruminants** : les ovins et les caprins sont sensibles au RPV et peuvent présenter des formes mortelles; mais le plus souvent dans les conditions africaines, ils font une forme subclinique de l'infection (ROSSITER et al., 1982b; LEFEVRE, 1987).

En Inde, par contre, ces deux espèces sont souvent infectées et font une peste bovine typique (KHERA, 1979; SHAILA et al., 1989). Le même phénomène a été observé au Sri-Lanka (ANDERSON et al., 1990).

En Afrique, des foyers de peste bovine chez les petits ruminants ont été aussi signalés (JOHNSON, 1958; LIBEAU et al., 1960). Malgré ces observations, il est admis maintenant que les petits ruminants ne constituent pas un réservoir du RPV (PLOWRIGHT, 1968; PROVOST, 1982; PLANTON, 1990).

- **Animaux sauvages** : nombreux sont les animaux sauvages qui peuvent être naturellement atteints par le RPV. Là aussi, il faut préciser que cette faune sauvage ne joue aucun rôle dans le maintien du RPV (PROVOST, 1982; PLANTON, 1990).

I.4 PATHOGENIE DE L'INFECTION BOVIPESTIQUE

(SCOTT et al., 1986)

La voie naturelle de l'infection est le nasopharynx. Le virus contenu dans des "aérosols" émis par un animal malade lors de l'expiration ou de la toux est inspiré par les animaux en contact. Le virus passe ainsi les muqueuses des voies respiratoires supérieures et se multiplie dans les amygdales et les noeuds lymphatiques régionaux. Puis, il se fixe sur les lymphocytes et est disséminé par voie sanguine (il est donc absent du plasma) infectant ainsi les autres tissus lymphoïdes, les poumons et les muqueuses des appareils digestif, respiratoire et urogénital où il se multiplie. C'est à ce moment qu'apparaissent les différents signes cliniques de la maladie.

La souche sauvage est donc d'abord lymphotrope puis épithéliotrope.

Le virus est très tôt éliminé dans les excréments et les sécrétions (mucus nasal, salive, urine, larme, fécès) vers la fin de la phase d'incubation jusqu'à la phase diarrhéique pour cesser au début de la convalescence.

La période d'infection dure 10 à 16 jours; il n'existe pas, de ce fait, de porteur de virus au-delà.

I.4.1 SYMPTOMES DE LA PESTE BOVINE (fig. 6)

Les symptômes de la peste bovine ont été largement décrits par plusieurs auteurs dont CURASSON en 1932 et en 1942. Cette description a été complétée par la suite en fonction des nouvelles données du terrain (PROVOST et al., 1963; PLOWRIGHT, 1968). Cet ensemble a été parfaitement remis à jour par SCOTT et al. en 1986. Nous en reprendrons ici les points essentiels concernant uniquement la forme aiguë, la plus courante :

Après une incubation de 5-11 jours, l'animal présente une forte fièvre (40°C - 42°C) qui dure en moyenne 3 jours, précédant l'apparition de lésions épithéliales de la cavité buccale. Les ulcérations atteignent les muqueuses nasales et urogénitales et les sécrétions oculo-nasales séro-muqueuses deviennent mucopurulentes. Puis, arrive la diarrhée qui devient incoercible et souille l'arrière-train. La mortalité survient dans le marasme. Elle est de 50 à 90 p.100 selon les souches virales.

Pour les animaux qui n'ont pas succombé à l'infection, la phase de convalescence est très rapide. En effet, il y a cessation des symptômes et régénération épithéliale en 24 à 48 heures.

I.4.2 DIAGNOSTIC EXPERIMENTAL

La peste bovine est une des maladies où le diagnostic expérimental est nécessaire, voire obligatoire même si les symptômes sont suffisamment évocateurs. Il s'agit de détecter :

- les antigènes viraux par les tests d'immunodiffusion en gélose, d'électrosynérèse; bientôt l'ELISA de capture.
 - le virus par isolement sur culture cellulaire.
 - les anticorps anti-RPV dans le sérum par le test de séroneutralisation, par l'ELISA.
- Les prélèvements doivent être effectués le plus rapidement possible. A ce titre, en vue de détecter les antigènes viraux et/ou d'isoler le virus, il est conseillé de choisir les sujets qui manifestent de la fièvre, des érosions muqueuses et présentent des sécrétions lacrymales claires. Les prélèvements sont conservés sous froid à -20°C ou à -70°C en attendant la réalisation des tests.

I.5 EPIDEMIOLOGIE DE LA PESTE BOVINE

L'épidémiologie de la peste bovine a beaucoup évolué depuis que les campagnes de vaccination antibovipestique ont été instituées dans nombre de pays. La connaissance précise de la pathogénie de la maladie, l'absence d'une participation des petits ruminants et de la faune sauvage dans le maintien du RPV permettent une mise à jour de l'épidémiologie de la peste bovine.

Fig.6 SYMPTOMES DE LA PESTE BOVINE



PHASE D'ETAT : DIARRHEE PROFUSE



PHASE D'ETAT : LESIONS BUCCALES

(Source : CIRAD/EMVT)

I.5.1 EPIDEMIOLOGIE ANALYTIQUE

Très sensible, le virus bovine pestique est très vite détruit dans le milieu extérieur (PLOWRIGHT, 1968; PROVOST et al., 1974). Aussi, la transmission de la maladie nécessite un contact étroit avec le malade. Un contaminé devient rapidement dangereux, car il commence à éliminer le virus dans les sécrétions nasales environ 2 jours avant le début de l'hyperthermie.

Cependant un animal guéri de la maladie n'est plus contaminant, et le virus disparaît de l'organisme en 10-15 jours environ (SCOTT et al., 1986). Ceci ne semble pas être le cas avec les animaux vaccinés qui pourraient héberger et multiplier le virus sauvage dans les fosses nasales sans être malades et l'excréter pendant quelques jours. Ces animaux peuvent donc entretenir l'infection à bas bruit (PROVOST, 1970). De même, des veaux possédant une immunité colostrale et infectés expérimentalement par voie nasale sont capables de transmettre le RPV à des veaux sensibles mis en contact sans qu'il ait eu multiplication virale chez les premiers (PROVOST, 1972).

Aujourd'hui, dans le cycle épidémiologique, interviennent surtout deux facteurs dominants :

- la sensibilité des animaux

Dans les zones d'enzootie, la population sensible est surtout constituée par les jeunes animaux dépourvus d'anticorps maternels et n'ayant pas encore été vaccinés (animaux de 8 à 18 mois) : c'est le "hiatus immunologique de l'âge" (PROVOST, 1969; PROVOST, 1982).

- le pouvoir pathogène intrinsèque du virus

Il existe une très grande variation du pouvoir pathogène du virus bovine pestique mais aussi entre les souches du Moyen-Orient et d'Afrique (TAYLOR, 1986)

(tableau 2) :

- . des souches hypervirulentes entraînant 100 p.100 de mortalité, souvent sans que tous les signes de la maladie apparaissent.
- . des souches moyennement virulentes pour lesquelles il est possible de distinguer les phases de la maladie classique avec des taux de guérison non négligeables.
- . des souches hypovirulentes qui entraînent surtout des formes atypiques de la peste bovine. Elles sont très dangereuses, car elles ne permettent pas un diagnostic clinique facile et peuvent donc passer inaperçues.

I.5.2 EPIDEMIOLOGIE PROSPECTIVE

Nous reprendrons ce que PROVOST (1982) a écrit à propos du cycle épidémiologique.

1.5.2.1 DANS LA FAUNE SAUVAGE

La peste bovine atteint une population réceptive engendrant une mortalité très élevée. Les animaux rescapés de l'épizootie développent alors une immunité solide tant générale que locale. Ce qui arrête la transmission du contagé. La peste ne pourra réapparaître que lorsqu'une masse critique de population réceptive se sera reconstituée.

1.5.2.2 DANS LA POPULATION D'ANIMAUX DOMESTIQUES

La vaccination confère une immunité solide et générale à l'animal, en laissant toutefois réceptives les muqueuses des voies respiratoires supérieures qui constituent la porte d'entrée du RPV. Ainsi, par contacts nasaux, les bovins peuvent propager le RPV de façon occulte. L'expression clinique sera observée après l'infection, quand elle atteindra une population sensible, entre autres, les veaux ayant perdu l'immunité colostrale (PROVOST, 1970; PROVOST, 1972) (*annexe 2*).

" ... on pourrait dire, écrit PROVOST (1982), que les vétérinaires d'alors ont joué aux apprentis sorciers en favorisant par les vaccinations le maintien de la circulation naturelle à bas bruit du virus bovipestique".

**TABLEAU 2 : VIRULENCE (SUR DES BOVINS D'EXPERIENCE)
DE QUELQUES SOUCHES DU VIRUS BOVIPESTIQUE**

ORIGINE	ANNEE D' ISOLEMENT	MORTALITE (p.100)	TEMPS MOYEN DE SURVIE (jour)
ARABIE SAOUDIE	1981	100	4,5 (n = 2)
YEMEN	1981	100	5,8 (n = 12)
KOWEIT	1982	100	5,9 (n = 6)
LIBAN	1982	100	5,8 (n = 4)
NIGERIA	1983	100	7,8 (n = 6)
NIGERIA	1984	33	ND
EGYPTE	1984	0	ND

(Source : d'après TAYLOR, 1986)

1.6 PROPHYLAXIE MEDICALE

C'est seulement en 1962 qu'un vaccin de culture cellulaire, a pathogène et efficace fut obtenu (PLOWRIGHT et al., 1962c). Cette souche vaccinale est uniquement lymphotrope et n'est pas excrétée dans le milieu extérieur par l'animal vacciné, contrairement à la souche sauvage qui est lympho-épithéliotrope. L'immunité conférée est solide et durable (5 ans minimum).

Cependant l'inconvénient majeur de ce vaccin de culture cellulaire est sa thermolabilité. De même l'eau est délétère pour le virus bovine pestique. Par contre les ions sulfate (SO_4^-) lui apportent une protection qui n'existe pas avec les ions chlorure (Cl^-) (ROBIN et al., 1966). Aussi la solution molaire de sulfate de magnésium est recommandée comme diluant lors des campagnes de vaccination (PROVOST, 1974).

Des recherches sont menées depuis quelques années pour obtenir un vaccin thermostable :

- par le développement d'une nouvelle technique de lyophilisation (MARINER et al., 1990a; MARINER et al., 1990b; MARINER et al., 1993);
- par recombinaison génétique, en insérant les gènes des protéines vaccinales H et/ou F dans le virus de la peste qui est thermorésistant (YILMA et al., 1988; BARRETT et al., 1989; BELSHAM et al., 1989; GIAVEDONI et al., 1991; YAMANOUCI et al., 1993) ou le gène F dans le capripoxvirus (ROMEO et al., 1993).

1.7 PESTE BOVINE DANS LE MONDE

1.7.1 ASIE, PROCHE ET MOYEN-ORIENT

La peste bovine est partie d'Asie pour atteindre l'Europe puis l'Afrique.

1.7.1.1 INDE

La peste bovine a toujours existé en Inde. Depuis 1931, d'ambitieux programmes de vaccination sont menés pour contrôler cette maladie en pleine extension, d'abord avec le vaccin caprinisé (EDWARDS, 1927) puis avec le vaccin de culture cellulaire. Mais l'objectif de vacciner 80 p. 100 de la population bovine n'est jamais atteint, bien que le nombre de foyers soit passé de 8156 en 1956/57 à 143 en 1977/78 (KHERA, 1979).

Depuis une vingtaine d'années, un phénomène nouveau est observé en Inde : la peste bovine chez les moutons, les chèvres et les porcs (KHERA, 1979).

L'éradication n'est pas encore atteinte et un projet de lutte contre la peste bovine est en cours d'élaboration : "l'opération zéro".

Récemment, en 1991, la peste bovine a été introduite au Sri-Lanka par les troupes indiennes. Une campagne régionale d'éradication de la peste bovine appelée SAREC³ est mise en oeuvre en Asie du sud.

I.7.1.2 PROCHE ET MOYEN-ORIENT

La peste bovine persiste encore de nos jours malgré une vaccination à grande échelle au Proche-Orient. Elle réapparaît de temps en temps causant de considérables dégâts en Arabie Saoudie, au Koweït et dans d'autres états du Golfe. Ces pays importent également des bovins, ovins et caprins "sur pied" du Soudan, Somalie, Ethiopie, Inde où la maladie existe à l'état enzootique (PLOWRIGHT, 1985).

Le projet WAREC⁴ bientôt en exécution a pour but d'y éradiquer la peste bovine.

I.7.2 EUROPE

L'Europe s'est débarrassée de cette maladie grâce à des mesures de police sanitaires rigoureuses (quarantaines, abattages, désinfections). Cependant, en 1991, la peste bovine a été dépistée dans des troupeaux de bovins russes en estivage en Mongolie et sur des yaks russes à la frontière avec la Mongolie (BARRETT et al., 1993c).

CHAPITRE II : CAMPAGNES DE LUTTE EN AFRIQUE

La peste bovine a été introduite (ou réintroduite) en Basse Egypte en 1842 et en 1863. De là, elle aurait gagné l'Afrique occidentale (CURASSON, 1932). La grande épizootie de 1890-1895 s'étendit à toute l'Afrique au sud du Sahara où la mortalité atteignit 90 p.100 du cheptel (MONTEIL, 1894; THEILER, 1902; IEMVT, 1966; LEPISSIER et al., 1969; MACK, 1970; PERSON, 1975). Depuis, l'Afrique intertropicale n'a pas réussi à se débarrasser de cette maladie et a vécu sous sa menace constante. Celle-ci s'est traduite dans les faits par l'enregistrement de plusieurs milliers de foyers occasionnant des dizaines de milliers de morts par an. C'est à partir de ce constat qu'est né le **Projet Conjoint n° 15** pour l'éradication totale de la peste bovine du continent africain puis la **Campagne d'urgence limitée** à l'Afrique occidentale, enfin le **projet PARC (Pan African Rinderpest Campaign)**. Toutes ces campagnes de lutte sont basées essentiellement sur la prophylaxie médicale.

³South Asian Rinderpest Eradication Campaign

⁴West Asian Rinderpest Eradication Campaign

II.1 PROJECT CONJOINT N°15 (PC 15)

Cette campagne s'était déroulée en six phases de 1962 à 1976, regroupées en deux parties (*annexe 3*) :

- première partie : 1962 - 1969 : pour l'Afrique de l'Ouest et du centre (LEPISSIER et al., 1969);
- deuxième partie : 1968 - 1976 : pour l'Afrique de l'Est (MACFARLANE, 1972; DAHAB, 1973).

Chacune de ces parties était placée sous l'autorité d'un coordonnateur international.

Lors de ces campagnes de vaccination tous les animaux de plus de 6 mois devaient être vaccinés et marqués. Un deuxième passage dans l'année était prévu pour vacciner les jeunes veaux qui atteignaient l'âge de 6 mois.

La coordination avait lieu seulement le long des frontières et sur le contrôle frontalier pour ne laisser aucune zone non vaccinée.

Le financement avait été conjointement assuré par les Aides extérieures⁵ et par les apports des pays concernés pour un total 3 802 796 864 FCFA soit 15 614 501 US dollars pour l'Afrique occidentale et centrale (LEPISSIER et al., 1969). La vaccination avait atteint 79 767 990 bovins au cours de ces opérations donnant un taux de couverture moyenne de 82,75 p.100. Le nombre de foyers de 54 000 environ au début avait chuté à 15 à la fin du projet de vaccination dans toute l'Afrique centrale et occidentale. Les pays côtiers n'avaient pas observé de foyers depuis le début de la phase II du PC 15 sauf la Guinée qui avait enregistré 1 foyer en 1966/67 et 3 foyers en 1967/68. Mais déjà en 1969, plus aucun foyer n'était signalé.

Le coût total du Projet était revenu par campagne de vaccination à 53,4 FCFA soit 22 cents US par animal vacciné.

II.2 CAMPAGNE D'URGENCE EN AFRIQUE DE L'OUEST

Le PC 15 avait réduit de façon considérable le nombre de foyers de peste bovine au point de la rendre contrôlable (*tableau 3*). A partir de 1980-1981, une nouvelle épizootie de peste bovine a atteint encore l'Afrique occidentale et a suscité une campagne d'urgence, qui a intéressé neuf pays durant le premier semestre 1981. Plus de 8,2 millions de bovins ont été vaccinés pour 18 millions environ de bovins recensés (CHENEAU, 1981).

⁵ FED (Fonds Européen pour le développement); USAID (United states agency for international development); Grande-Bretagne; Canada; République Fédérale d'Allemagne.

TABLEAU 3 : NOMBRE DE FOYERS DE PESTE BOVINE EN AFRIQUE CENTRALE ET OCCIDENTALE DE 1969 A 1981.

ANNEE	1969	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
FOYERS	111 (15)	118	138	412	120	63	6	6	58	30	42	42	16

(15) : Nombre de foyers indiqué par LEPISSIER en 1969

(Source : BULLETIN OIE; CHENEAU, 1981)

II.3 PROJET PARC (PAN AFRICAN RINDERPEST CAMPAIGN)

Le projet PARC est né à la suite de la dégradation de la situation sanitaire du cheptel africain au sud du Sahara. La campagne d'urgence avait seulement arrêté l'extension de l'épizootie. L'Afrique de l'est rapportait régulièrement aussi des foyers de peste bovine (OUA/CSTR/IBAR, 1984). Il fallait donc agir au plus vite pour ne pas arriver à la situation sanitaire antérieure au PC 15. C'est ainsi que l'OUA/IBAR, avec l'aide de l'OIE et de la FAO, a présenté un document technique et financier en mars 1984 proposant un plan en deux phases (OUA/CSTR/IBAR, 1984) :

- Phase I (4 ans) consacrée aux vaccinations annuelles des animaux;
- Phase II (6 ans) pour consolider les acquis et continuer l'amélioration des Services d'élevage.

L'accord de financement a été signé entre l'OUA et la CEE au siège de l'OUA à Addis-Abeba (Ethiopie) en juillet 1986. C'était le lancement de l'actuel Projet PARC.

L'objectif du PARC est double. D'une part, contrôler puis éradiquer la peste bovine du continent africain; d'autre part, améliorer les Services nationaux d'élevage. Le principal financier de ce projet PARC est la CEE qui a alloué 57,5 millions d'ECU (soit 20,125 milliards FCFA) (1 ECU = 350 FCFA avant la dévaluation intervenue le 11 janvier 1994). Les organisations comme la FAO, l'AIEA⁶, le SIDA⁷, le PNUD⁸ ont également apporté un soutien financier pour installer deux laboratoires régionaux de contrôle de qualité des vaccins (PANVAC⁹) et la sérosurveillance post-vaccinale par le test ELISA (OUA/IBAR/PARC, 1990).

⁶Agence Internationale pour l'Energie Atomique.

⁷Swedish International Development Agency.

⁸Programme des Nations Unies pour le Développement.

⁹Pan African Vaccine Center.

II.3.1 RESULTATS DU PROJET PARC EN AFRIQUE

Au cours de la première phase du projet (1988-1990), ont été vaccinés 65 millions de bovins sur un cheptel estimé à 120 millions de têtes soit un taux de couverture vaccinale de 54,2 p.100 (OUA/IBAR/PARC, 1990; OUA/IBAR/PARC, 1991). Dans le même temps la situation sanitaire s'est améliorée notablement : le nombre de pays victimes de la peste bovine est passé de 12 à 3 (Soudan, Ethiopie, Kenya). Ces pays souffraient toujours de la maladie à la fin de l'année 1991 (*tableau 4*).

TABLEAU 4 : RECAPITULATIF DU NOMBRE DE PAYS INFECTES ENTRE 1980 ET 1991

ANNEE	1980-1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
* NOMBRE PAYS INFECTES	20	12	3	6	4	3	3

* déclaration faite à l'OIE et/ou à l'OUA/IBAR.

(Source : OIE, OUA/IBAR)

L'Afrique occidentale et l'Afrique centrale en sont débarrassées à présent. La Gambie a déclaré une absence provisoire de peste bovine en novembre 1990. L'efficacité des campagnes de vaccination a été vérifiée par la sérologie post-vaccinale grâce au test ELISA. Ainsi, 114 397 sérums ont été récoltés dont 66 446 effectivement analysés. Globalement, le taux d'immunité antibovipestique oscillait entre 50 et 60 p.100 pour la plupart des pays. Ce faible taux de protection prédispose à une réinfection et au maintien d'une situation d'enzootie de peste bovine.

Il est important de noter que tous les lots de vaccin utilisés avaient fait l'objet d'un contrôle de qualité par l'un des laboratoires PANVAC.

Parallèlement aux campagnes de vaccination sur le terrain, des programmes de recherche ont été financés. Nous en citerons deux :

- Recherche sur la thermostabilité du vaccin antibovipestique : une technique de production et de lyophilisation mise au point par TUFTS University School of Veterinary Medicine (Massachusetts, USA) a permis d'obtenir un vaccin thermostable appelé Thermovax (MARINER et al, 1990a; MARINER et al., 1990b; MARINER et al., 1993). Des essais sont encore en cours avant d'autoriser sa production par les laboratoires africains et sa mise sur le marché.
- Rôle de la faune sauvage et des petits ruminants dans le maintien du RPV : les recherches menées jusqu'à ce jour confirment que ces espèces n'interviennent pas dans la pérennité du RPV.

L'étude réalisée au Nord Tanzanie et au Nord Cameroun a porté sur 748 sérums d'animaux sauvages et 9360 sérums provenant des petits ruminants domestiques (*tableau 5*). Il en ressort, que dans la zone sahélienne, l'infection par le PPRV est répandue chez les ovins et caprins donnant des taux de positifs de 70 à 80 p.100. Ces animaux sont par conséquent protégés contre la peste bovine. De ce fait, le risque de contamination des bovins par un foyer de peste bovine entretenue sur les petits ruminants est quasi inexistant. Dans la zone tropicale du Sud, par contre, le taux d'infection des petits ruminants par le PPRV est bas, de l'ordre de 15 à 25 p.100, ce qui peut être favorable à l'implantation de foyers de peste bovine (OUA/IBAR/PARC, 1990; PLANTON, 1990).

TABLEAU 5 : NOMBRE DE SERUMS COLLECTES PAR PAYS ET PAR ESPECE ANIMALE

PAYS	ESPECE	FAUNE SAUVAGE	PETITS RUMINANTS	TOTAL
TANZANIE		517	7296	7813
CAMEROUN		231	2064	2295
TOTAL		748	9360	10 108

(Sources : OUA/IBAR/PARC, 1990; PLANTON, 1990)

En politique d'élevage, une réforme a été préconisée visant essentiellement la privatisation des secteurs de production et l'arrêt des subventions de l'Etat. Des changements ont été réalisés mais des progrès sont encore à faire et les gouvernements s'étant rendu compte de la nécessité de la chose s'y attellent. Cela peut paraître lent mais n'oublions pas qu'il s'agit de changer les habitudes des hommes!

II.3.2 COUT DU PROJET EN AFRIQUE

La somme totale mise à la disposition du projet PARC par les différents donateurs est de 60 664 268 ECU (soit 21 232 483 800 FCFA). Les Etats ont reçu au titre des différentes actions, un total global effectif de 54 915 694,3 ECU (soit 19 220 493 800 FCFA dont 18 113 000 000 FCFA par la CEE et 1 107 491 800 FCFA par les autres donateurs). Les dépenses, au terme de la première phase s'élèvent à 47 462 268 ECU (soit 16 612 000 000 FCFA) équivalant à une consommation budgétaire de 86,4 p.100.

Le coût par animal vacciné a été, à la fin de la phase I du projet PARC, de **112,5 FCFA**. Par contre le coût par animal après avoir rapporté au cheptel bovin global estimé à 120 millions au sud du Sahara, est de **138,4 FCFA**.

CONCLUSION

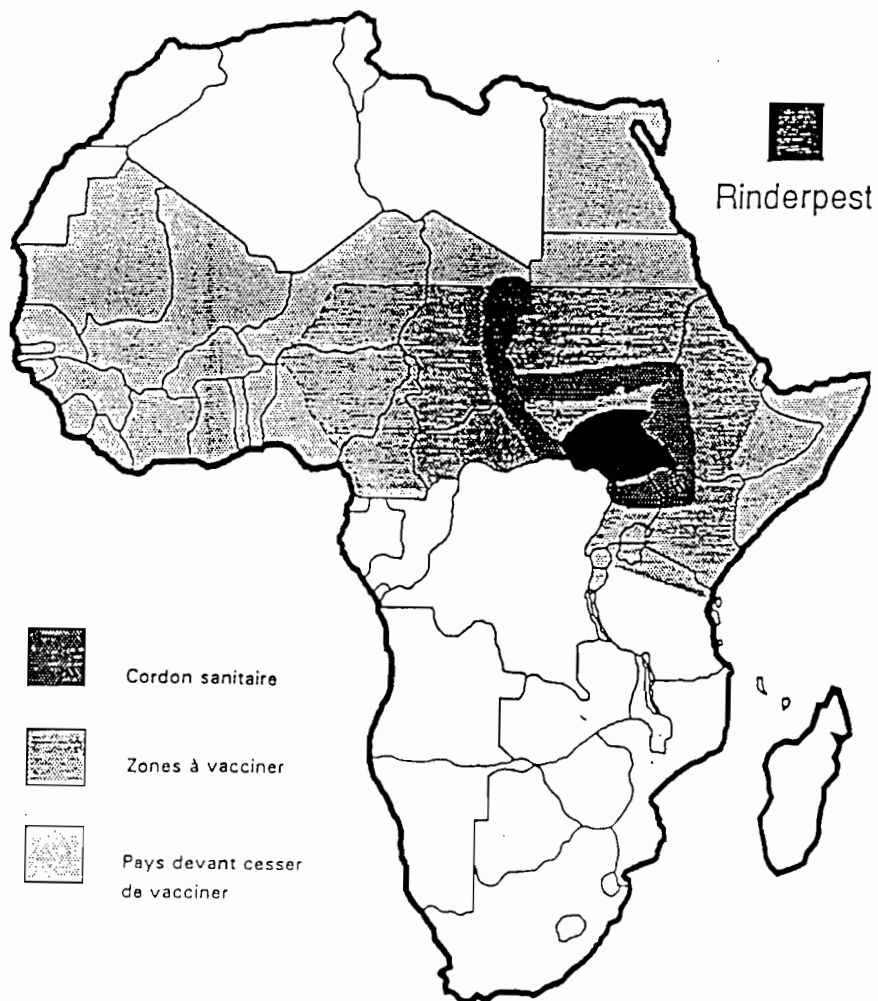
Au terme des quatre années d'activité, le PARC sans être arrivé à éliminer la peste bovine du continent africain, a pu néanmoins la contrôler. En effet, exceptés le Soudan et l'Éthiopie où, en raison des troubles civils, il est difficile aux Services de l'élevage de travailler dans de bonnes conditions, les foyers apparus au Kenya et en Ouganda ont été vite jugulés, même s'il y a eu une réinfection d'origine exogène, en provenance du Soudan et/ou de l'Éthiopie.

L'Afrique occidentale et centrale sont à présent indemnes de la peste bovine. Les nouvelles politiques d'élevage mises en route et les activités connexes du PARC (le contrôle de qualité des vaccins et la banque des vaccins, la sérosurveillance et la recherche fondamentale) ont donné des résultats probants qui permettent d'envisager la phase II ou phase de consolidation avec beaucoup d'assurance et d'optimisme.

II.4 PARC PHASE II OU PHASE DE CONSOLIDATION : 1992-1996

Ce programme (actuellement en exécution dans certains pays) comprend essentiellement la surveillance de l'Afrique de l'est avec l'établissement d'un **cordons sanitaire de vaccination intense (fig.7)** afin d'empêcher les foyers de s'étendre. Une surveillance épidémiologique rigoureuse de la maladie se fera partout ailleurs (OUA/IBAR/PARC, 1990). Simultanément, un effort est mis sur les autres pathologies, en l'occurrence la PPCB, qui connaît une recrudescence dans bien des pays. Au plan de la politique d'élevage, la réforme poursuivra dans la voie de la libéralisation de ce secteur socio-professionnel.

Fig.7 PLAN D' ACTIONS DE 1983 A 1996



(Source : OUA/IBAR/PARC, 1992)

CHAPITRE III : L'ELEVAGE BOVIN ET LA SITUATION DE LA PESTE BOVINE EN COTE-D'IVOIRE

III.1 L'ELEVAGE BOVIN

La Côte-d'Ivoire comptait en 1926 : environ 60 000 bovins, 110 000 ovins, 152 000 caprins pour ne parler que des ruminants domestiques (AOF, 1926) (*tableau 6*). En 1935, le cheptel bovin était estimé à 206 500 têtes; le cheptel ovin à 500 000 têtes; le cheptel caprin à 475 000 têtes (AILERIE, 1935). Mais la Côte-d'Ivoire comprenait à cette date une partie de l'actuel Burkina-Faso.

TABLEAU 6 : REPARTITION DES DIFFERENTES ESPECES ANIMALES EN 1926 EN COTE-D'IVOIRE

ESPECES REGIONS	BOVINS	OVINS	CAPRINS	PORCS	CHEVAUX
BASSE-CI ¹⁰	5000	15 000	35 000	12 000	-
MOYENNE-CI ¹⁰	9000	45 000	52 000	50 000	-
HAUTE-CI ¹⁰	46 000	50 000	65 000	4000	150
TOTAL	60 000	110 000	152 000	60 000	150

(Source : Service zootechnique et des Epizooties - AOF)

Bien que marginal, l'élevage représentait une richesse d'environ 14 millions de francs (au prix le plus bas pratiqué) et participait largement à la vie quotidienne des populations de la Haute-Côte-d'Ivoire (AILERIE, 1935).

Depuis cette époque, devant les immenses possibilités qu'offrait ce pays, surtout dans sa partie nord, des programmes d'intensification de la production pastorale ont été mis en place, qui comprenaient (AILERIE, 1935) :

- la protection du cheptel existant,
- l'amélioration des races locales par sélection et par croisement, l'éducation des éleveurs indigènes,
- l'institution de foires régionales et de concours animaux pour stimuler les bonnes volontés.

Plus de 50 ans après, nous retrouvons ces mêmes thèmes dans les multiples plans de développement de l'élevage ivoirien!

¹⁰ Basse-Côte-d'Ivoire,
Moyenne-Côte-d'Ivoire,
Haute-Côte-d'Ivoire.

III.1.1 EVOLUTION DE L'EFFECTIF BOVIN

L'élevage bovin a connu depuis 1926 une croissance numérique régulière, surtout depuis 1972 où la politique de développement en a fait un de ses objectifs essentiels, dont l'exécution fut confiée à la SODEPRA. La population bovine qui était en 1960 de 300 000 têtes, a atteint en 1991, 1 145 000 têtes de bétail dont 630 161 taurins. Nous n'avons retenu que les estimations concordantes. *L'annexe 4* illustre l'évolution du cheptel bovin de 1926 à l'an 2000. *L'annexe 4'* donne l'évolution générale des effectifs estimés des espèces domestiques de 1970 à l'an 2000.

La croissance du cheptel bovin a été forte de 1975 à 1983 avec 9,3 p.100 par an (7,4 p.100 pour l'élevage sédentaire et 15 p.100 pour l'élevage transhumant). Entre 1983 et 1986, elle est tombée à 5,2 p.100 par an (4,6 p.100 et 6,5 p.100 respectivement) et de 1986 à 1989, elle a encore chuté à 3 p.100 par an (2,5 p.100 et 4 p.100)(BANQUE MONDIALE, 1991).

Cette croissance est imputable en grande partie à l'arrivée massive des animaux transhumants, sans oublier l'élevage taurin sédentaire qui a doublé son effectif en une dizaine d'années. La projection à l'an 2000 indique une population bovine de 1 757 000 têtes dont 1 161 000 taurins (COTE-D'IVOIRE, 1990).

III.1.2 REPARTITION DU CHEPTEL BOVIN

D'après le recensement de 1991, le cheptel bovin est très inégalement réparti :

- *le projet Nord*, sur une superficie de 107 500 km² (le tiers du pays), dans 9 départements, héberge 929 442 têtes de bétail soit 85 p.100 du cheptel;
- *le projet Centre* couvre 97 000 km² et possède 126 827 bovins soit 11,6 p.100 du cheptel;
- *les projets Forestiers* : Sud-est, Sud-ouest et Ouest, pour une superficie globale de 185 500 km², ont respectivement : 17 743 bovins (1,6 p.100), 7170 bovins (0,7 p.100) et 11 856 bovins (1,1 p.100);

Les fermes d'Etat (ou ranches) avec un effectif estimé à 35 000 têtes représentent 3,2 p.100 du cheptel.

III.1.3 COMMERCE DU BETAIL

III.1.3.1 ORIGINE DES ANIMAUX DE COMMERCE

Les pays fournisseurs de bétail de commerce à la Côte-d'Ivoire demeurent le Burkina-Faso et le Mali avec un volume de transit plus élevé pour le premier cité. Cependant, la Mauritanie et à un moindre degré le Niger empruntent respectivement les territoires du Mali et du Burkina-Faso pour atteindre la Côte-d'Ivoire (*fig. 8*).

III.1.3.2 MODES DE TRANSPORT DU BETAIL DE COMMERCE

Il en existe trois : le camion, le train ou à pied. Jusqu'en 1987 le déplacement à pied prédominait. A partir de cette date, le transport en camion est le plus utilisé suivi de près par le transport en train (*annexe 5*).

III.1.3.3 CIRCUITS COMMERCIAUX

Les animaux vivants commercialisés sur le territoire viennent des pays sahéliens, des élevages nationaux (sédentaires et transhumants), des centres d'embouche et des stations d'élevage.

En provenance des pays sahéliens, le bétail de commerce emprunte quatre grands axes (*fig. 9*) :

- a) l'axe Ouest : arrivant du Mali, il suit un trajet qui dessert l'Ouest, le Centre-Ouest et le Sud-Ouest, aboutissant parfois au Libéria. Ces animaux se déplacent à pied essentiellement.
- b) l'axe Central 1 : le bétail arrive du Mali, traverse Tengela pour se diriger vers le sud;
- c) l'axe Central 2 : en provenance du Burkina-Faso et du Mali (par Niellé pour le Mali). Le bétail atteint en général Ouangolodougou d'où il part vers le sud, pour la plupart, par le train;
- d) l'axe Est : en provenance du Burkina-Faso, il traverse la région de Bouna et se déploie sur toute la partie Est jusqu'au sud du pays. Ces animaux se déplacent essentiellement à pied;

A cela, il faut ajouter le transit en provenance de Guinée. C'est un flux commercial très faible qui finit à Odienné ou à Touba.

Fig.8 ORIGINE DES BOVINS SAHELIENS VENDUS EN COTE-D'IVOIRE

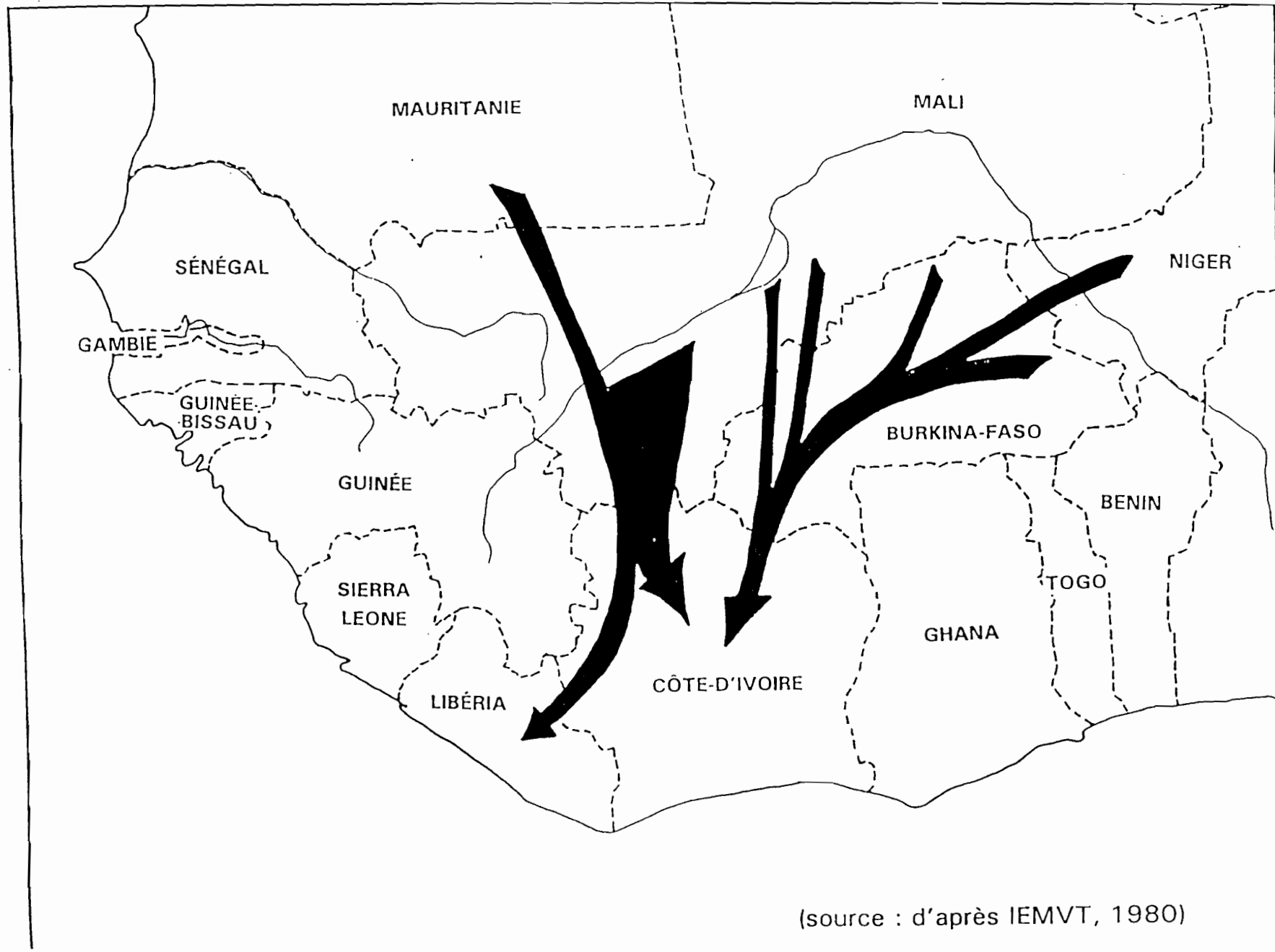
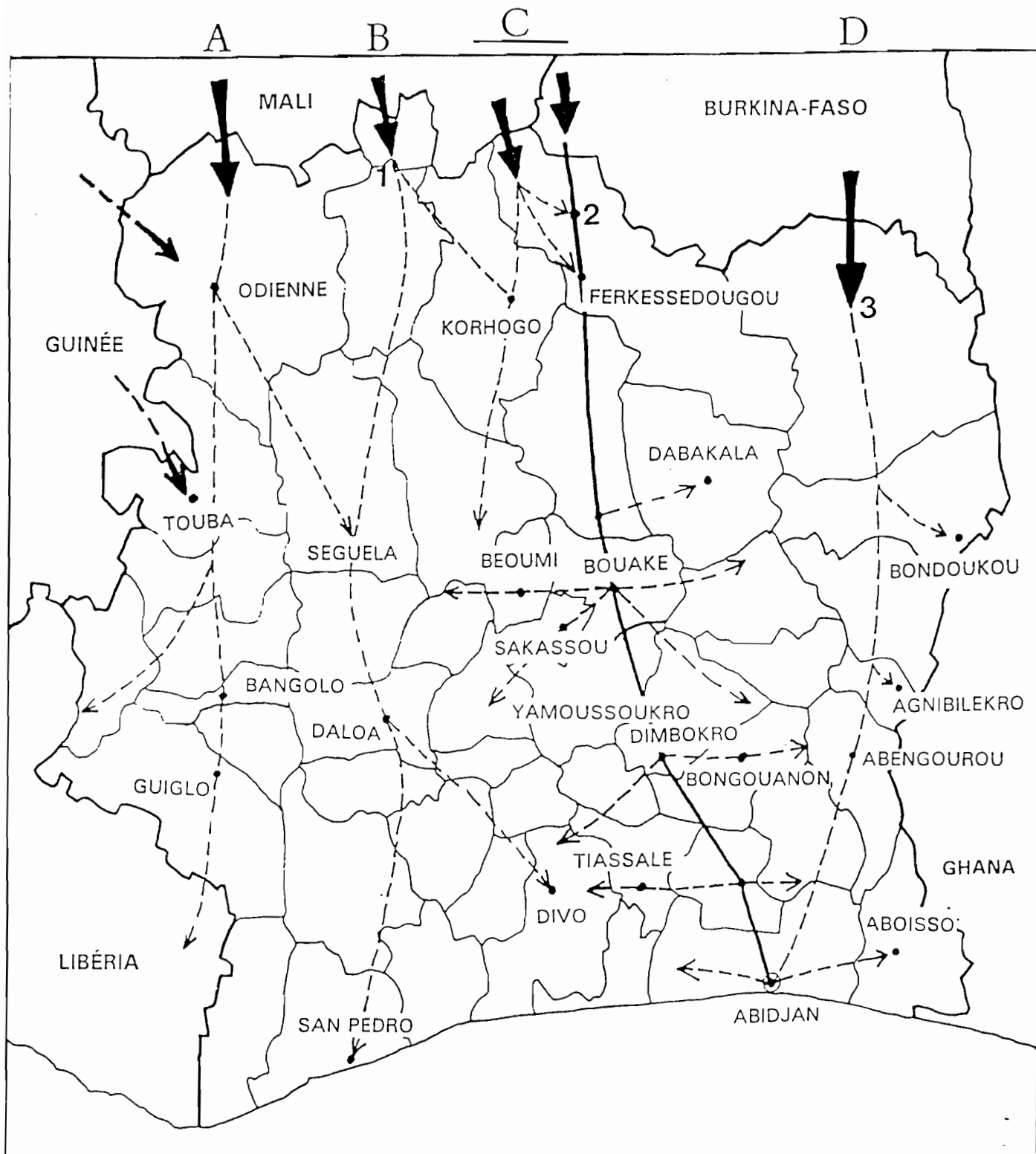


Fig.9 CIRCUITS COMMERCIAUX DES BOVINS EN COTE-D'IVOIRE



- 1 : TENGREELA
- 2 : OUANGOLODOUGOU
- 3 : BOUNA

III.1.4 PROBLEMES EPIDEMIOLOGIQUES LIES AU MILIEU

Ces problèmes sont de deux ordres : le milieu naturel ivoirien et la dépendance du pays à l'égard de ses voisins sahéliens en matière de viande bovine.

III.1.4.1 EPIDEMIOLOGIE LIEE AU MILIEU NATUREL IVOIRIEN

Le climat ivoirien, de type tropical humide au Sud, est soudano-guinéen au Centre pour finir en un climat soudanien au Nord. Dans les régions du Centre et du Nord, il est relativement fréquent de voir, en pleine saison sèche, des marigots et rivières qui, ne tarissant pas, entretiennent une humidité favorable à tous les parasites et les vecteurs tels que les glossines. En cette période, ces points d'eau constituent le lieu commun d'abreuvement du bétail. Ainsi, tous les facteurs sont-ils réunis pour son infestation, qui augmente avec l'arrivée des pluies favorisant le développement des parasites et des vecteurs. Il faut ajouter, en plus, les maladies d'origine infectieuse. C'est dire qu'en toute saison, le bétail est soumis à une agression réelle même si, la saison sèche diminue cette agression de plusieurs manières : assèchement de certains cours d'eau, feux de brousse qui détruisent la végétation donc les gîtes.

Par une déforestation excessive, le paysage ivoirien a changé de physionomie en 30 ans, ouvrant de ce fait, les anciennes régions de forêt dense à de vastes "champs spontanés" de graminées très appréciées par les animaux d'élevage. L'entrave que constituait la forêt étant pratiquement levée, la circulation du bétail est plus fluide et peut véhiculer facilement toutes maladies vers les régions du sud et de l'ouest. L'épizootie récente de fièvre aphteuse en est une démonstration (COUACY-HYMANN et al., 1991b).

Il existe, aux frontières et en certains points du pays, des postes de contrôle des animaux étrangers; la pratique quotidienne révèle que ces contrôles sont peu efficaces surtout pour les animaux se déplaçant à pied. Ce qui fait qu'un troupeau transhumant, hébergeant un sujet en incubation d'une maladie quelconque ou malade, a tout le temps de la disséminer sur son passage.

III.1.4.2 EPIDEMIOLOGIE LIEE A LA TRANSHUMANCE ET AU COMMERCE D'ANIMAUX

Il existe deux sortes de transhumance du bétail en Côte-d'Ivoire :

III.1.4.2.1 ANIMAUX DE TRANSHUMANCE

Les transhumants devenus résidents

Depuis la grande sécheresse de 1972-73, des transhumants d'origine étrangère sont régulièrement descendus dans le Nord de la Côte-d'Ivoire (pour constituer aujourd'hui, plus du tiers de l'effectif national). La quête d'eau et de pâturage frais

en est la raison essentielle. Aussi la SODEPRA a-t-elle mis en oeuvre à partir de 1976 "l'Opération zébu" dont le but était de maintenir ces éleveurs dans le Nord appelée "la sédentarisation des éleveurs peulh". Elle a permis d'accroître la productivité des troupeaux qui bénéficiaient également d'un encadrement comme les élevages taurins.

Installés surtout dans le Nord, ces éleveurs pratiquent en saison sèche, une transhumance vers le Sud mais n'atteignent que rarement la région Centre. Ces éleveurs transhumants, relativement acquis à la discipline de la SODEPRA, participeraient essentiellement à la diffusion des épizooties à l'intérieur du pays.

La transhumance de frontière

Ces animaux étrangers font la transhumance le long de la frontière Nord toujours en quête d'eau et de pâturage. Les éleveurs descendent aussi pour profiter de la gratuité des vaccinations antibovipestique et antipéripneumonique pratiquées sur le territoire national.

Ces troupeaux, contrairement aux précédents, constituent un risque pour le bétail ivoirien parce qu'ils échappent pour la plupart à tout contrôle sanitaire.

III.1.4.2.2 BÉTAIL DE COMMERCE

Les animaux de commerce viennent de pays où la protection sanitaire n'est pas aussi bonne qu'en Côte-d'Ivoire. Le contrôle sanitaire des animaux convoyés en train et en camion se passe dans des conditions relativement acceptables alors qu'il est très difficile de contrôler les animaux se déplaçant à pied. Ce bétail de commerce est la plus grande menace pour le pays. Nombreux sont les auteurs qui ont rapporté des cas de contamination des pays côtiers par du bétail sahélien dont CURASSON (1936).

Toutes les épizooties dont le cheptel bovin a été victime, ont eu pour origine les animaux sahéliens transhumants et/ou de commerce. A ce propos, FEVRIER (Communication personnelle, 1991) disait : " Une épizootie au Burkina-Faso! Il suffit d'attendre le prochain train en provenance de Ouagadougou et vous l'avez ici".

CONCLUSION

Une vingtaine d'années après, l'élevage bovin ivoirien, initié par "l'Opération Encadrement des Eleveurs du Nord" (COTE-D'IVOIRE, 1973), étendu à tout le pays, lors de sa deuxième phase 1980-1985, a fait passer l'effectif bovin estimé en 1970 à 385 000 têtes (dont 330 000 taurins) à plus de 1 145 000 têtes en 1991 (avec 630 161 taurins).

La sensibilisation effectuée par les Services d'élevage en direction du monde paysan et le paysage naturel ivoirien favorisent de plus en plus l'élevage bovin dans le centre et le sud du pays. Les difficultés de contrôle sanitaire des animaux sahéliens, source exclusive de contamination du cheptel ivoirien combinées à la facilité de circulation à l'intérieur du pays, sont propices à la dissémination des maladies dont la peste bovine.

III.2 PESTE BOVINE EN COTE-D'IVOIRE

III.2.1 HISTOIRE DE LA PESTE BOVINE AVANT LE PC 15 (annexe 6)

La Côte-d'Ivoire a été infectée par la peste bovine très tôt, dès le début du siècle puisque les Services vétérinaires de l'époque rapportaient que sur quatre ans: 1911, 1913, 1918, 1922, la peste bovine et la PPCB avaient décimé les 3/4 du cheptel ivoirien (AOF, 1926). Ce qui s'oppose à la thèse de CURASSON qui disait que le pays avait connu la peste bovine en 1917 en même temps que la Guinée à partir du Soudan (l'actuel Mali) (CURASSON, 1942). Depuis cette date, cette affection a été régulièrement signalée chaque année causant toujours des dégâts énormes au cheptel bovin. Les villages les plus touchés étaient situés sur les routes de passage du bétail de commerce des régions Nord et Moyenne-Côte-d'Ivoire. Par rapport à son effectif, la Côte-d'Ivoire souffrait plus de cette épizootie que les autres territoires qui composaient l'AOF.

Devant la gravité de la situation, il fut installé à Bouaké et à Korhogo, des centres de production de sérums antipestiques pour la sérumisation du cheptel. Mais cette méthode était peu efficace et de courte durée si bien que l'épizootie continuait de se manifester avec cependant des années d'accalmie. Ceci allait durer jusqu'en 1952, date à partir de laquelle la peste bovine se signala en peu de foyers avec un nombre relativement faible de cas de mortalité parmi la population bovine. Cette situation se maintint jusqu'en 1960. De 1961 à 1963, la peste bovine revint en force confirmée par le nombre élevé de foyers et d'animaux morts. Heureusement, en 1964, démarrait le PC 15! Mais : "... le danger ne sera pourtant jamais écarté à cause de l'importation des zébus soudanais destinés à la boucherie" comme l'indiquait un rapport du service de zootechnie (AOF, 1952).

III.2.2 PC 15 EN COTE-D'IVOIRE : 1964-1969

La Côte-d'Ivoire est entrée dans le PC 15 à partir de 1964. Pendant la phase II, seule la région Lobi, à savoir le Nord-est, était concernée et comptait au départ environ 50 000 têtes de bovins. Le nombre total de vaccinations obtenu était de 143 965, pour un taux de couverture vaccinale de 79,8 p.100.

Quelques imperfections avaient été constatées au cours de cette phase. En effet, la Côte-d'Ivoire ne vaccinait plus contre la peste bovine depuis plusieurs années,

son Service d'élevage était peu préparé à l'exécution d'une campagne. La phase III s'était étendue à tout le pays pour une population bovine estimée au départ à 200 000 têtes. Les vaccinations s'étaient déroulées essentiellement en novembre et décembre apparaissant comme la période la plus favorable¹¹. De plus, le rythme de travail était meilleur que celui de la phase II. Au total 648 796 vaccinations furent réalisées pour un taux de couverture vaccinale de 86,4 p.100 (*annexe 7*). La phase III fut exécutée par 12 équipes de vaccination en moyenne. Pendant tout le déroulement des opérations, aucun cas de peste bovine ne fut observé. La Côte-d'Ivoire était donc indemne de foyer de peste bovine.

III.2.2.1 SOURCES DE FINANCEMENT

L'USAID, qui représentait l'aide extérieure, a apporté pour la phase II de la campagne 38 287 375 FCFA soit 156 275 dollars et pour la phase III, 35 084 000 FCFA soit 125 161 dollars (1 dollar US = 245 FCFA à l'époque).

La contribution nationale s'est élevée à 16 905 000 FCFA pour la phase II et à 13 739 600 FCFA pour la phase III. L'ensemble de ce crédit est réparti comme indiqué dans *l'annexe 8*.

III.2.2.2 COUT DE LA VACCINATION

Au terme des deux phases du PC 15, 70 315 735 FCFA au titre de l'aide extérieure et à 30 664 600 FCFA au titre de la participation nationale soit 100 980 335 FCFA ou 412 164 dollars (1 dollar = 245 FCFA à l'époque) ont été dépensés pour un total de 792 761 vaccinations.

Le coût par vaccination par animal fut donc de 127,4 FCFA soit 52 cents US. Ce coût fut, avec celui obtenu au Togo (230,6 FCFA), le plus élevé du Projet Conjoint n° 15.

III.2.2.3 SITUATION SANITAIRE DU CHEPTEL BOVIN DE 1970 A 1986

III.2.2.3.1 PERIODE 1970-1975 ET LA RESURGENCE DE LA PESTE BOVINE

Les mesures conservatoires ont été bien respectées. En effet, la Côte-d'Ivoire a continué à vacciner son cheptel chaque année après le PC 15. Malgré cela, la peste bovine a fait sa réapparition en 1972 et en 1973 (COULIBALY, 1972; CHAMBRON, 1974; ANGBA, 1985).

L'épizootie de 1972 s'est propagée en 29 foyers et a occasionné la mort de 703

¹¹Cette période correspond au début de la saison sèche rendant les pistes plus praticables. C'est aussi la période de vaccination des pays sahéliens, ce qui facilite la coordination aux frontières.

animaux dont 157 par abattage. Elle a également entraîné la vaccination de 396 000 bovins (*tableau 7*). Trois mois de lutte ont permis d'enrayer cette épizootie.

En 1973, 6 foyers de peste bovine ont été enregistrés dans le Nord du pays en 1973, à la suite de l'introduction d'animaux en provenance du Mali. Il y a eu 562 cas de mortalité. Les Services vétérinaires ont alors réalisé 320 000 vaccinations. Ces épizooties de peste bovine sont venues des pays sahéliers (Burkina-Faso et/ou Mali). Elles ont été facilitées à l'intérieur du pays par les grands mouvements de bétail dus aux premières activités effectives de la SODEPRA en 1972/73. Très rapidement chaque foyer a été circonscrit et jugulé (*tableau 7*).

TABLEAU 7 : NOMBRE DE FOYERS DE PESTE BOVINE DE 1972 A 1973 EN COTE-D'IVOIRE

ANNEE	REGION VICTIME	FOYER	ESPECE	CONTAMINES			NOMBRE VACCI-NATIONS
				NO.	ABATTUS	MORTS	
1972	NORD	29	BOVIN	4602	157	546	396 000
1973	NORD	6	BOVIN	?	?	562	320 000

NO. : nombre

(Sources : COULIBALY, 1972; CHAMBRON, 1974; ANGBA, 1985)

III.2.2.3.2 PERIODE 1975-1981 ET LA CAMPAGNE D'URGENCE

Aucun foyer de peste bovine n'a été enregistré durant toutes ces années : la SODEPRA, en 1977, prenant la relève des Services vétérinaires en matière de protection de la santé du cheptel (FRESSION^e al., 1982) effectuait sérieusement la vaccination annuelle.

La Côte-d'Ivoire, dont le cheptel est perpétuellement menacé par le bétail de transhumance et de commerce des pays sahéliers (principalement le Burkina-Faso et le Mali, mais aussi le Niger et la Mauritanie), a participé à ce titre à la campagne d'urgence contre la peste bovine. Elle a reçu, pour ce faire, un budget de 21 000 000 FCFA auxquels il faut ajouter la contribution nationale apportée par la SODEPRA.

Au terme de cette campagne d'urgence (fin juillet 1981), 380 150 vaccinations furent pratiquées pour un cheptel estimé à 612 000 têtes soit un taux de couverture vaccinale de 62,1 p.100. Mais la SODEPRA a continué la campagne pour atteindre une couverture vaccinale d'environ 75 p.100 (PROVOST, 1982).

Malgré le faible taux de couverture vaccinale obtenu sur la période 1975-81, la situation sanitaire était satisfaisante. Ce qui avait probablement empêché l'apparition de la maladie alors que les pays voisins lui payaient un lourd tribut.

III.2.2.3.3 PERIODE 1981-1986

A la surprise générale, la peste bovine éclate dans le Nord du pays en 1983, en 1984, puis en 1985 (PIERRE et al., 1983a; PIERRE et al., 1983b; ANGBA, 1985) et enfin en 1986 (AKE, 1986) (*tableau 8*).

Chaque fois, les foyers sont rapidement maîtrisés et jugulés par une vaccination large alentour et par l'application du "stamping out" à l'intérieur des foyers. Notons que les éleveurs ne sont pas indemnisés.

Comme les épizooties précédentes, celles-ci sont arrivées du Nord : Burkina-Faso, Mali. Nous nous étendrons plus longuement sur ces épizooties parce qu'elles serviront à déterminer l'effet de la peste bovine en région vaccinée, utile pour la simulation économique.

A) EPIZOOTIE DE 1983

Dix ans après la dernière épizootie, la peste bovine réapparaît dans la région Nord, plus précisément dans le département de Ferkessédougou. Quatre foyers sont enregistrés, occasionnant la perte de 200 bovins. Aussitôt les services de la SODEPRA-Nord ont effectué 22 569 vaccinations pour enrayer le mal.

A l'origine, se trouve un troupeau de 524 zébus non vaccinés depuis trois ans, en provenance du Burkina-Faso. Ce troupeau compta 112 morts. Dans le même temps, deux foyers secondaires se déclaraient dans le centre du pays à Taboko (sous-préfecture de Katiola) et à Ouellé. Ils étaient dus à l'introduction d'animaux achetés chez des éleveurs peulh qui descendaient du Nord au moment où la peste bovine y sévissait.

Le foyer de Taboko fit 45 morts dont 10 veaux sur un effectif de 72 têtes. La vaccination atteignit 275 animaux. Celui de Ouelléregistra 3 morts sur un effectif de 83 animaux.

Ces foyers secondaires survenus au centre appellent une remarque : la quarantaine, appliquée dans la région Nord n'a pas été efficace.

B) EPIZOOTIE DE 1984

Un foyer primaire de peste bovine est identifié à Djériba (département d'Odienné) à cause d'un troupeau transhumant d'origine malienne. Plusieurs troupeaux sont atteints, occasionnant la mort de 160 animaux sur un effectif total de 6400 bovins.

C) EPIZOOTIE DE 1985

Deux foyers primaires et deux foyers secondaires sont enregistrés à partir du mois de juin 1985 dans le Nord.

c1) - Foyer primaire de Niellé

La peste bovine fut diagnostiquée le 19 juin 1985 dans un troupeau de 350 têtes comprenant un mélange de zébus et de N'dama non vaccinés depuis 1983 et

appartenant à un Peulh en provenance du Burkina-Faso. Il y eut 239 bovins morts. Huit élevages, dans un rayon d'environ 6 km autour du foyer primaire sont également contaminés. La mortalité fut observée essentiellement chez les jeunes. La vaccination annuelle se pratiquait régulièrement dans ces élevages.

La mortalité cumulée s'éleva à 287 bovins sur un effectif de 3000 animaux contaminés.

c2) - Foyer primaire de Sanhala

Ce foyer s'est déclaré le 24 juin 1985, dans un troupeau de 300 taurins non vaccinés, dont 240 ont trouvé la mort. Dix élevages alentour ont été contaminés où 275 animaux ont péri sur un effectif de 2000 bovins contaminés.

c3) - Foyers secondaires de Korhogo

A partir du 10 juillet 1985, des foyers secondaires sont signalés dans cinq élevages de la région de Korhogo. L'introduction dans ces élevages d'animaux en incubation de peste bovine, achetés au marché à bétail de Korhogo en constitue la cause. Sur un total, pour l'ensemble des 5 élevages, de 500 têtes, 50 cas de mortalité sont notés.

Au mois d'août, c'est au tour de Sinématiali et Karakoro de déclarer des foyers de peste bovine, qui donnent 20 morts.

D) EPIZOOTIE DE 1986

En février 1986, deux foyers de peste bovine sont confirmés à Bacon (département d'Adzopé) par le Laboratoire central de pathologie de Bingerville. En décembre de la même année, un autre foyer est déclaré à Guessiguié (département d'Agboville), où, en un mois, 100 morts sont observés attribués au départ à une intoxication. Le diagnostic de peste bovine confirmé, une vaccination des bovins dans ces départements (qui en comptent fort peu), a permis de les délivrer de la maladie.

Il semblerait que les moutons du village de Guessiguié aient péri de la même maladie (aux dires des villageois). Mais aucun cas n'a été observé par les agents des Services vétérinaires.

L'origine de ces foyers du Sud n'est pas indiquée, mais ils ne peuvent déroger à la règle de l'origine sahélienne. Curieusement, aucun cas de peste bovine n'a été signalé dans le Nord en 1986. Ces animaux auraient-ils été transportés par camion pour être déchargés directement dans le Sud? C'est vraisemblable, car ce mode de spéculation existe bien. Nous en avons fait l'expérience, récemment à propos de l'épizootie de fièvre aphteuse de 1990 : dans la proche banlieue d'Abidjan (Abobo), la fièvre aphteuse a été dépistée dans un troupeau qui est arrivé directement du Burkina-Faso par camion. Une semaine après ce débarquement, les troupeaux voisins ont développé la maladie.

III.2.2.3.4 PERIODE 1986 - 1988

A la suite de ces quatre épizooties, les vaccinations annuelles furent pratiquées dans de bonnes conditions, grâce à une forte sensibilisation des éleveurs et propriétaires d'animaux. La participation devenait évidente et réelle.

Il est possible que la vaccination annuelle de 1987 (et peut-être les précédentes aussi) ait été inefficace parce que le vaccin utilisé, "le tissupest" était de très mauvaise qualité: le titrage avait révélé un titre très bas de $10^{1.5}$ DICT₅₀/ml. Une enquête rétrospective avait montré que tout le lot reçu présentait un aspect physique "anormal". La dégradation du vaccin ne provenait donc pas de sa conservation dans les lieux de prélèvement des échantillons en Côte-d'Ivoire (COUACY-HYMAN, 1988).

En 1987/88, devant les nombreuses réactions post-vaccinales causées par la valence PPCB du vaccin mixte BISSEC, son utilisation fut arrêtée au profit du vaccin monovalent antibovipestique. Les conséquences de cet acte étaient prévisibles : la recrudescence des foyers PPCB depuis 1989.

**TABLEAU 8: EFFET DE LA PESTE BOVINE DE 1983 A 1986
EN COTE-D'IVOIRE**

ANNEE D'ÉPIZOOTIE		1983	1984	1985	1986	TOTAL
FOYERS		6	1	4	2	13
ESPECES		bovin	bovin	bovin	bovin	
CONTAMINES	NOMBRE	22 652	6400	5500	-	34 552
	ABATTUS	-	-	-	-	-
	MORTS	360	160	872	100	1492
NOMBRE DE VACCINATIONS		22 844	6400	6000	?	
REGIONS CONCERNEES		Nord	Nord	Nord	Sud	

(Sources : PIERRE et al., 1983a; PIERRE et al., 1983b; ANGBA, 1985; AKE, 1986)

CONCLUSION

L'analyse des différentes épizooties de peste bovine en Côte-d'Ivoire fait ressortir quatre caractéristiques constantes essentielles :

- 1) - l'origine est presque toujours étrangère, provenant des pays sahéliens (Mali, Burkina-Faso, Mauritanie et Niger) à la faveur de la transhumance et du commerce de bétail : c'est la "peste bovine d'importation". Il faut donc s'attendre à une flambée de peste bovine en Côte-d'Ivoire quand elle sévit dans ces pays du Nord;
- 2) - la peste bovine, se rencontre au départ dans les troupeaux non vaccinés;

3) - la mortalité survient essentiellement chez les jeunes de 6 à 24 mois dans les élevages correctement vaccinés; par contre dans les élevages non vaccinés, elle touche les animaux de tous âges;

Les deux dernières observations confirment les données épidémiologiques de la peste bovine (PROVOST et al., 1963; PROVOST, 1982). En effet, certains éleveurs, qui avaient oublié les dégâts que pouvait causer cette maladie, refusaient de participer à la vaccination annuelle pourtant gratuite. Leur attitude s'expliquait aussi par l'apparition, chez certains animaux, de réactions post-vaccinales (parfois graves) à l'issue de l'injection du vaccin bivalent BISSEC, utilisé à l'époque;

4) - l'extension du foyer primaire est due à un diagnostic trop tardif de la maladie et accessoirement à un non respect des mesures de mise en quarantaine.

III.3 PROJET PARC EN COTE-D'IVOIRE (PARC-CI) OU PROJET VETERINAIRE POUR LA COTE-D'IVOIRE

Quatre années durant, de 1983 à 1986, la Côte-d'Ivoire a été infectée par la peste bovine par les troupeaux en provenance des pays voisins, occasionnant la perte de 1492 têtes de bétail en 13 foyers. Ce qui avait suscité la vaccination d'urgence de 35 244 animaux. D'un autre côté, la PPCB qui, à cause des nombreuses réactions post-vaccinales, n'obtenait plus l'adhésion des paysans, était en recrudescence.

A l'époque, le Ministère de la production animale, conscient de la contrainte sanitaire qui pesait sur le développement de l'élevage, en a fait un point essentiel de son programme tracé dans son "Livre Blanc" (COTE-D'IVOIRE, 1987a). Un autre thème important de sa nouvelle politique de l'élevage concernait la privatisation de nombreux secteurs d'activité.

C'est dans ce contexte favorable que naquit le PARC-CI.

III.3.1 OBJECTIFS (COTE-D'IVOIRE, 1987b; ACKAH, 1988b)

Prévu pour deux années, 1989 et 1990, le projet PARC-CI s'était donné 4 buts :

1) - contrôler et finalement éradiquer la peste bovine de la Côte-d'Ivoire, en évitant l'extension éventuelle de foyers extérieurs; vacciner contre la PPCB et contrôler les foyers de cette maladie;

2) - contribuer à la réhabilitation des Services vétérinaires dans ses fonctions d'information zoo-sanitaire, ses capacités d'enquêtes épidémiologiques, de diagnostic et de traitement des données; développer stages et séminaires de formation, de recyclage et de coordination;

3) - rééquilibrer la distribution des médicaments et produits vétérinaires;

4) - faire un pas vers la privatisation de certains services et le désengagement de l'Etat des fonctions de production, de commercialisation et d'encadrement; analyser l'environnement économique et la possibilité de créer un fonds de développement de l'élevage.

Les principaux bénéficiaires du projet PARC-CI étaient aussi au nombre de quatre :

- a) les populations d'éleveurs, pour lesquelles une bonne situation zoo-sanitaire était une condition du maintien de leur niveau de vie;
- b) le projet aiderait le pays dans la réalisation de ses objectifs prévus pour l'an 2000, dont la réduction sensible des importations de viandes;
- c) le personnel, quelque peu "endormi" par manque de moyens de travail dû à la diminution constante de son budget, a été motivé par la redynamisation des Services vétérinaires;
- d) à l'échelle ouest africaine, le projet a renforcé la solidarité régionale avec les pays voisins.

Le projet PARC-CI était conçu comme un programme complémentaire des actions déjà engagées par le Ministère. A ce titre, il était appelé à s'intégrer parfaitement aux structures de terrain existantes.

III.3.2 FINANCEMENT DU PROJET PARC-CI

La Côte-d'Ivoire, en tant que pays menacé, a été classée parmi les 29 autres pays devant établir le dialogue avec la CEE à travers l'Unité de Coordination du PARC basée à Nairobi. Les négociations ont débuté en novembre 1986 et le projet définitif a été accepté le 2 décembre 1987 par le gouvernement ivoirien. La CEE a donné son accord à la requête de financement le 28 avril 1988. Puis la convention de financement (n° 35 558/PR-Avenant n° 4) a été signée et rendue opérationnelle le 20 juillet 1988 (ACKAH, 1988b).

La convention de financement (avec ses annexes) et le dossier technique du projet présentés par la Côte-d'Ivoire, sont devenus les bases contractuelles pour l'exécution des programmes.

La part octroyée par la CEE s'élève à 2 100 000 Ecu soit 735 000 000 FCFA pour les deux années d'activité et se décompose comme suit :

- Lutte contre les épizooties et réhabilitation des Services vétérinaires :
769 250 Ecu soit 269 237 500 FCFA;
- Distribution des intrants sanitaires :
700 000 Ecu soit 245 000 000 FCFA
- Reconversion des encadreurs :
370 000 Ecu soit 129 500 000 FCFA
- Imprévus :
260 750 Ecu soit 91 262 500 FCFA

La contrepartie ivoirienne servait à couvrir les salaires, les indemnités et les autres coûts de fonctionnement.

III.3.2.1 FINANCES ET COMPTABILITE

Les dépenses engagées au titre du projet sont subordonnées à l'élaboration d'un devis-programme approuvé par la CEE. Ce devis-programme comprend 2 parties :

- le programme d'activité du Projet,
- le budget prévisionnel composé de différents chapitres. Chacun d'eux étant identifié par un code budget. Toute modification ultérieure doit faire l'objet d'un avenant accepté par la CEE, annexé au devis-programme principal.

Le devis-programme n° 1 de mai 1988 comprenait (ACKAH, 1988a) :

- au titre du programme d'activité :

- * mise en place du Projet,
- * lutte contre les épizooties : elle est composée des thèmes suivants :
information zoosanitaire et formation des agents, campagne de communication, séro-surveillance, coopération aux frontières et campagne de vaccination.
- * crédit de reconversion des encadreurs.

- au titre du budget prévisionnel :

- * lutte contre les épizooties et réhabilitation des Services vétérinaires :
269 237 500 FCFA,
- * distribution des intrants d'élevage : 245 000 000 FCFA,
- * désengagement de l'Etat : 129 500 000 FCFA,
- * imprévus : 91 262 500 FCFA.

soit un total général de 735 000 000 FCFA.

A l'issue de la première année d'activité du projet, selon l'avenant n° 1 du devis-programme n° 1 (139 829 220 FCFA) et les engagements de fonds faits à Bruxelles pour les appels d'offre et les contrats (431 084 194 FCFA), les reliquats disponibles pour la deuxième année (donc pour le devis-programme n° 2 s'élevaient à 164 086 586 FCFA. Ils seraient utilisés au titre de l'année 2 (en 1990), 155 000 000 FCFA. Le reste (9 086 586 FCFA) constituerait un fond de réserve.

Le budget de 1990 a été complété par la marge bénéficiaire produite par la commercialisation des médicaments (ACKAH, 1990).

En novembre 1989, le projet présentait son deuxième devis-programme ainsi formulé :

- au titre du programme d'activité :

- * lutte contre les épizooties :
comme le devis-programme n° 1
- * revitalisation des Services vétérinaires grâce à l'utilisation d'une partie du bénéfice réalisé sur la vente des médicaments vétérinaires
- * reconversion des encadreurs en éleveurs modernes.

- au titre du budget prévisionnel :

- * lutte contre les épizooties : 71 000 000 FCFA

Ce budget, essentiellement constitué par des reliquats du chapitre "imprévu" de la convention de financement, a été utilisé immédiatement.

- * revitalisation des Services vétérinaires : 32 600 000 FCFA
- * reconversion des encadreurs : 84 000 000 FCFA

Soit un total général pour l'année 2 du projet de **187 600 000 FCFA**.

La contribution ivoirienne pour chaque devis-programme se résume ainsi :

- salaires et indemnités,
- fourniture complémentaire de vaccins,
- fonctionnement des laboratoires de pathologie animale,
- mise à disposition et entretien des locaux (eau, électricité, téléphone),
- mise à disposition des médias pour la sensibilisation des populations d'éleveurs,
- mobilisation des autres moyens disponibles pour l'exécution des campagnes de vaccination.

III.3.3 POLITIQUE D'ELEVAGE

Le "Livre Blanc" du Ministère de la production animale offrait déjà un cadre favorable à la mise en oeuvre de la nouvelle politique d'élevage préconisée par le PARC. Les thèmes suivants étaient identifiés :

- amélioration de la productivité de l'élevage et de son environnement économique,
- création d'un fonds national de développement de l'élevage (FNDE) pour la promotion de l'élevage,
- désengagement progressif de l'Etat et suppression progressive des subventions aux producteurs,
- uniformisation du mode de gestion des médicaments vétérinaires dans les structures publiques et parapubliques,
- privatisation de certains secteurs de production voire de l'encadrement.

Les moyens financiers apportés par le PARC ont permis de mener deux études :

- étude sur la création d'un fond national de développement de l'élevage (FNDE),
- étude sur le désengagement de l'Etat de certaines activités d'encadrement (dont la reconversion des encadreurs), la privatisation de certaines activités des Services vétérinaires et l'installation de vétérinaires dans le secteur privé.

Les conclusions de l'étude sur la création du FNDE ont amené à la promulgation d'une loi pour la mise en place d'un mécanisme de prélèvement compensatoire sur les viandes importées d'origine extra-africaine, devenu effectif le 25 janvier 1991. Malheureusement, les fonds générés ne sont pas reversés dans un compte spécial destiné à la promotion de l'élevage, comme le préconisaient les textes de départ. Le programme d'assainissement des finances publiques du pays ne permettait pas de multiplier les comptes. Cependant le Ministère de l'Economie et des Finances a accepté d'allouer des crédits budgétaires importants à l'élevage qui demeure une priorité.

L'autre aspect de la nouvelle politique de l'élevage mise en place avec l'aide du PARC-CI est la vente des intrants vétérinaires, déjà évoquée ci-dessus, dont la marge bénéficiaire dégagée a servi en l'année 2 du Projet au volet "Revitalisation des Services vétérinaires", à concurrence de 21 000 000 FCFA. Suivant la note circulaire n° 1709 MPA du 19 novembre 1988, la suppression de toute subvention sur les médicaments et le paiement de certaines vaccinations (Charbon symptomatique, Charbon bactérien, Pasteurelloses bovine et ovine) devenaient effectifs en janvier 1991.

III.3.4 EXECUTION DES CAMPAGNES DE VACCINATION

III.3.4.1 PREPARATION DES CAMPAGNES DE VACCINATION DE 1989, 1990 ET 1991

Une campagne nationale de vaccination se prépare bien longtemps à l'avance. En Côte-d'Ivoire, chacune des trois campagnes exécutées sous l'égide du projet PARC-CI a été précédée de plusieurs actions :

III.3.4.1.1 RECYCLAGE DES AGENTS D'EXECUTION

En 1988 et 1989, les agents ont reçu une formation portant sur la technique de vaccination, l'organisation pratique sur le terrain, le marquage individuel des animaux.

III.3.4.1.2 REUNIONS PREPARATOIRES

Des séances de travail se sont tenues dans les régions, au cours desquelles le directeur des Services vétérinaires (DSV) a recueilli auprès des agents d'exécution les difficultés du terrain : saison des pluies rendant des lieux difficiles d'accès pour la vaccination, problèmes matériels, indiscipline de certains paysans, refus de marquage des animaux, etc.

Le DSV définit les conditions de travail et les moyens dont dispose chaque agent pour l'exécution de sa tâche. La vaccination doit se faire selon les recommandations suivantes:

- vaccination de tous les bovins de 6 mois d'âge et plus contre la peste bovine et la PPCB avec un vaccin mixte;
- marquage individuel des animaux vaccinés d'un trèfle à l'oreille à l'aide d'une pince emporte-pièce;
- vaccination des petits ruminants avec le vaccin monovalent hétérologue antibovipestique qui les protège contre la PPR;
- respect strict de la chaîne du froid durant toutes les opérations;
- enregistrement du troupeau vacciné;
- notification des cas de refus au supérieur hiérarchique qui avisera l'administrateur centrale, si nécessaire.

Un rapport est demandé à la fin de la campagne, donnant le nombre d'animaux vaccinés, le recensement du cheptel du centre d'encadrement, le nombre de réactions post-vaccinales (dues à la valence PPCB du vaccin).

III.3.4.1.3 CAMPAGNE DE COMMUNICATION

Les spots télévisuels, radiophoniques et les communiqués de presse précèdent de quelques semaines seulement l'exécution de la vaccination, et se poursuivent pendant toute sa durée, de juin à septembre selon un rythme décrit dans l'annexe 9. Les affiches restent, par contre, en place toute l'année.

III.3.4.1.4 MATERIEL DE FROID

La Pharmacie vétérinaire possède deux chambres froides : l'une à température positive (+4°C), l'autre à température négative (-20°C) et un groupe électrogène pour pallier les coupures d'électricité.

Les zones d'encadrement et les secteurs sont équipés de congélateurs et réfrigérateurs électriques. Certains centres possèdent également des réfrigérateurs électriques. D'autres centres réculés ont des réfrigérateurs à pétrole. Cependant il y en a qui, ne possédant pas de système dynamique de froid, ont des glacières et sont ravitaillés en barres de glace deux à trois fois par semaine.

III.3.4.2 EXECUTION EFFECTIVE DES CAMPAGNES DE VACCINATION

Les lots de vaccin sont réceptionnés à la Pharmacie centrale vétérinaire deux à trois mois avant le début des vaccinations, laissant le temps au laboratoire de Bingerville d'effectuer les différents tests de contrôle de qualité. Les vaccins sont ensuite distribués dans les régions quelques semaines voire seulement quelques jours avant les vaccinations.

Pour les trois campagnes de vaccination la Pharmacie a importé les quantités suivantes (livrées en flacons de 50 doses) pour l'espèce bovine :

- 2 920 000 doses de vaccin monovalent antibovipestique,
- 2 575 000 doses de vaccin bivalent.

III.3.4.2.1 JOURNEE DE VACCINATION

Les fermes à visiter sont prévenues la veille, et le vaccinateur emporte chaque jour dans une glacière, le nombre de flacons de vaccin nécessaire.

La journée de travail commence très tôt le matin pour s'arrêter en général à la mi-journée. Il est fréquent de voir à cette période les vaccinateurs (surtout les encadreurs de la SODEPRA) se mettre en équipes de deux ou trois pour travailler : une personne pour la vaccination, une ou deux autres pour le marquage. Les agents de la DSV travaillent toujours en équipe.

Durant l'opération, la seringue entourée d'un linge humide est remise dans la glacière à chaque temps mort.

Environ trois semaines après la vaccination, l'encadreur repasse dans les élevages vaccinés pour constater l'apparition d'éventuelles réactions post-vaccinales engendrées par la valence PPCB et les traiter le cas échéant.

La reconstitution du vaccin s'effectue sur le lieu de vaccination et la solution molaire de sulfate de magnésium ($MgSO_4, 7H_2O$) est le principal diluant utilisé (PROVOST, 1974). Cependant certaines régions forestières (projets Sud-Ouest et Ouest) ont été ravitaillées en eau physiologique par le laboratoire de Bingerville.

Chaque année, la campagne de vaccination commence en juin/juillet selon les régions et prend fin officiellement en octobre de la même année.

III.3.4.2.2 CONTROLE DE LA QUALITE DE LA VACCINATION

VISITES DE SUPERVISION

Durant les vaccinations, le responsable de la santé animale (au sein de la DSV) effectue des visites sur le terrain pour apprécier l'état d'avancement de la campagne, et noter par la même occasion, les difficultés rencontrées par les agents pour l'amélioration des campagnes futures.

L'exécution du PARC-CI est plus amplement décrite dans l'annexe 9.

CONCLUSION

Le projet vétérinaire de Côte-d'Ivoire, ou PARC-CI, officiellement lancé le 21 juillet 1988, a débuté ses activités au dernier trimestre de la même année.

Les premiers mois ont été consacrés, outre la préparation des dossiers financiers, d'appels d'offre, etc., à une vaste campagne d'explications portant sur les objectifs du projet, les moyens dont il dispose, la façon dont il sera mené et le rôle de chacun. Ces séances de travail réunissaient, autour du directeur des Services vétérinaires, les directeurs régionaux et départementaux, les responsables des projets SODEPRA et les agents techniques d'exécution.

Avec la livraison des commandes (essentiellement dans un intervalle de 6 à 9 mois après l'exécution des marchés), les activités proprement dites du projet commencèrent au milieu de l'année 1989.

Ce projet, conçu pour deux ans, a duré trois ans, dégagant en plus un reliquat financier utilisé la quatrième année. Pendant les trois années de réalisation effective du projet, les différents volets ont été exécutés, autant que faire se peut, conformément aux devis-programmes n° 1 et 2. Le résultat obtenu est fort satisfaisant, comme l'atteste la

nouvelle politique de l'élevage. Les campagnes de vaccination et la sérosurveillance ont été menées avec succès et la situation sanitaire, en dépit d'une recrudescence de la PPCB, connaît une amélioration sensible. A cela, il convient d'ajouter le regain d'intérêt, la motivation des agents pour leurs activités qui avaient été peu à peu délaissées au fur et à mesure que les crédits de fonctionnement diminuaient. Avec l'apport du projet PARC-CI, la DSV est en train de retrouver la place qui était la sienne, et de jouer son rôle tel qu'il est défini par le décret n° 91-63 du 20 février 1991 portant organisation du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales (COTE-D'IVOIRE, 1991).

PARTIE II

MATERIEL ET METHODES

Notre présente étude est née d'une décision de la DSV qui nous a confié l'évaluation de l'immunité post-vaccinale des campagnes de vaccination dans le cadre du projet PARC-CI.

Aussitôt il nous est apparu nécessaire d'effectuer le contrôle de qualité de la chaîne du froid et des vaccins depuis la Pharmacie vétérinaire jusqu'au vaccinateur.

Pour l'évaluation de l'immunité post-vaccinale, un plan d'échantillonnage du cheptel bovin pour le prélèvement sanguin a été établi avec l'aide de l'Unité d'épidémiologie de Nairobi, Kenya (pour que les résultats soient interprétables et comparables entre les pays participants au projet PARC en Afrique) que nous avons adapté à nos conditions de terrain.

Nous avons par ailleurs entamé une étude économique de ce projet PARC-CI pour connaître le coût réel par animal vacciné et la justesse d'une telle campagne en Côte-d'Ivoire et par extension en Afrique, en déterminant son coût/bénéfice. Puis, nous avons effectué des recherches portant sur la cinétique de disparition des anticorps d'origine maternelle chez le veau dans le but de déterminer l'âge propice à sa vaccination, et sur la circulation du RPV dans les espèces animales réceptives non vaccinées (petits ruminants, porcs, faune sauvage) pour assurer la DSV de l'absence effective de toute infection bovine. Cela l'aiderait à arrêter la vaccination après l'obtention d'une bonne couverture immunitaire.

Enfin, il nous a semblé indispensable de terminer ce travail par deux études importantes par leur portée :

- a) Développement d'un vaccin homologue anti-PPR : la souche vaccinale obtenue par passages successifs sur la lignée cellulaire Véro au CIRAD/EMVT (Maisons-Alfort, France) (DIALLO et al., 1989b) nous a été confiée pour mener des études de validation. Le PARC en Afrique vise l'éradication de la peste bovine du continent. Il faudrait donc, à terme, arrêter l'utilisation du vaccin bovine sur toutes les espèces domestiques (essentiellement bovin et petits ruminants). Cependant, la protection des petits ruminants contre la PPR est réalisée avec le vaccin hétérologue bovine. Ce vaccin homologue anti-PPR permettra alors de poursuivre la prophylaxie de la PPR et de surveiller ainsi plus efficacement l'épidémiologie du RPV.

- b) Mise au point d'une technique de diagnostic différentiel du RPV par PCR : à ce stade du programme d'éradication de la peste bovine du continent, il est judicieux de disposer de tests de diagnostic très spécifiques, sensibles et rapides d'exécution capables de confirmer toute suspicion de foyer de peste bovine.

La partie épidémiologique de notre étude a requis la participation de plusieurs structures : laboratoires régionaux de pathologie animale, projets SODEPRA. En ce qui concerne l'ensemble de ce travail, nous l'avons entièrement conçu et son exécution a été placée sous notre autorité. Par contre, les prélèvements d'échantillons de vaccin et de sérums sur le terrain ont demandé la collaboration du laboratoire de Korhogo pour les raisons suivantes :

- récolte des échantillons de vaccin et de sérums en un temps limité;
- coût d'intervention.

Les prélèvements ont été ensuite acheminés au laboratoire de Bingerville, précisément dans notre service de Virologie pour être analysés. Là aussi, nous avons effectué l'ensemble de ces analyses à l'exception du titrage des vaccins antibovipestiques (réalisé par notre collaborateur) où notre participation s'est limitée à la lecture des plaques de culture.

L'ensemble de cette étude traitée dans cette partie II se divise en cinq chapitres:

- Le chapitre I s'intéresse à l'évaluation de l'efficacité des campagnes de vaccination;
- Le chapitre II traite de l'évaluation économique des campagnes de vaccination;
- Le chapitre III s'occupe de l'étude de la circulation du RPV dans les autres espèces animales réceptives;
- Le chapitre IV concerne l'étude du vaccin homologue anti-PPR 75/1;
- Enfin la mise au point d'un test de diagnostic différentiel du RPV par PCR est exposée dans le chapitre V.

CHAPITRE I : EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CAMPAGNES DE VACCINATION DE 1989, 1990 ET 1991

I.1 CONTROLE DE LA CHAINE DU FROID

La chaîne de distribution des vaccins va de la Pharmacie vétérinaire d'Abidjan aux zones d'encadrement, puis aux secteurs d'encadrement, et enfin aux centres d'encadrement. Le ravitaillement des zones à partir de la Pharmacie se fait par véhicule frigorifique. Les secteurs reçoivent les vaccins à partir des zones dans les glacières contenant des réfrigérants, enfin les centres sont alimentés à partir des secteurs toujours à l'aide de glacières.

Le contrôle de la qualité de la chaîne du froid consiste à vérifier le bon état de fonctionnement des congélateurs et réfrigérateurs qui existent déjà; à préconiser le renforcement en matériel de froid de certains points; à constater la présence permanente de glace dans la glacière, à contrôler la bonne pratique du vaccinateur, qui doit notamment apprécier l'état de la pastille de vaccin lyophilisé et rejeter le reste du vaccin reconstitué à la fin de chaque demi-journée.

Le prélèvement des échantillons de vaccin a lieu, si possible, à tous les maillons de la chaîne du froid.

I.2 CONTROLE DE LA QUALITE DES VACCINS

C'est après avoir constaté en 1987 que des lots de vaccin sur le terrain avaient un titre trop faible ($10^{1.5}$ DICT/ml pour la valence bovipestique) et avec l'exécution du projet PARC que nous avons décidé d'installer en 1988 une unité de contrôle de qualité des vaccins dans notre service de Virologie au laboratoire de Bingerville. Ainsi, en Côte-d'Ivoire, en plus du travail accompli en amont par l'unité de contrôle de Dakar (PANVAC), nous avons mené une surveillance continue de la qualité des vaccins utilisés durant les campagnes de vaccination.

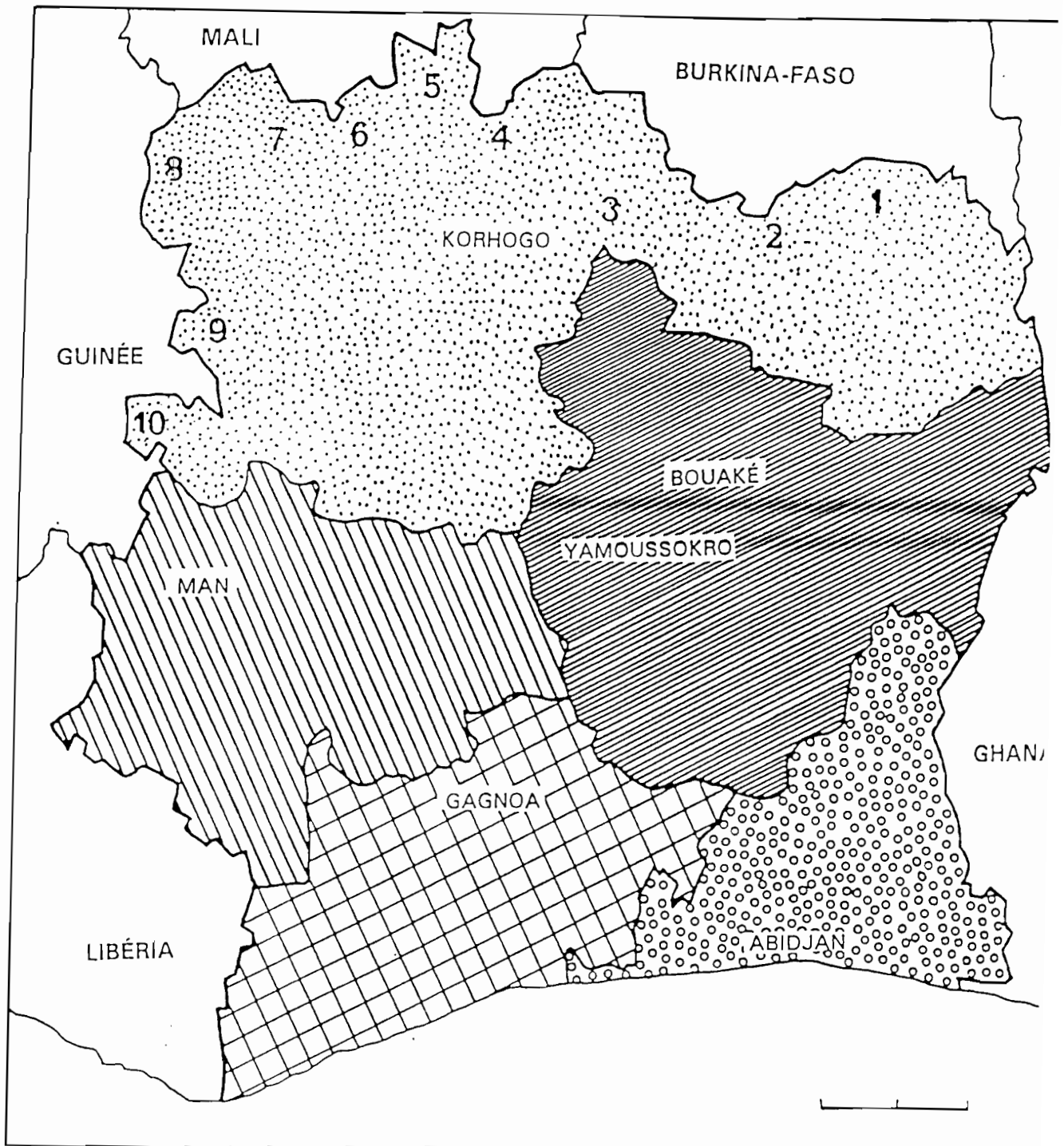
I.2.1 PLAN D'ECHANTILLONNAGE¹²


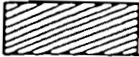



Les projets SODEPRA quadrillent le pays, offrant une base de sondage adéquate pour un échantillonnage.

Nous avons divisé le pays en trois régions : Nord, Centre, Forestière (*fig. 10*).

¹²Un plan d'échantillonnage plus détaillé est décrit ci-dessous pour la collecte de sérums. Il a servi de base à la définition de celui-ci.

Fig.10 REGIONS ENCADREES PAR LA SODEPRA



-  SODEPRA NORD
-  SODEPRA CENTRE
-  SODEPRA OUEST
-  SODEPRA SUD-OUEST
-  SODEPRA SUD-EST

SODEPRA
Région forestière

Postes d'entrée :

- 1 : DOROPO
- 2 : TOUBGO
- 3 : OUANGOLO
- 4 : NIELLE
- 5 : TENGRELA
- 6 : GOUEYA
- 7 : TIENKO
- 8 : MININIAN
- 9 : BOOKO
- 10 : KOONAN

Région Nord

Les six zones d'encadrement de la région ont été retenues pour en tirer 12 secteurs d'encadrement sur les 24 qu'elle contient (soit 2 secteurs par zone).

Puis à la base du secteur tiré au sort, 4 centres d'encadrement sont également choisis à partir de la liste (soit 48 centres au total). Un centre est une grappe d'élevages (*tableau 9*).

Notons que les centres concernés ont fait l'objet d'un choix systématique.

Le choix de l'élevage pour la collecte du vaccin sur le lieu de vaccination dépend du programme du vaccinateur. En effet, le vaccinateur, chaque fois qu'il quitte sa base pour son travail sur le terrain, note sur un tableau fixé sur la porte l'adresse du lieu où il se trouve, ce qui permet de le joindre facilement en cas de besoin.

Régions Centre et Forestière

Selon le même schéma, les 10 zones (5 par région) ont été concernées et les secteurs puis les centres d'encadrement ont été tirés au sort pour les prélèvements de vaccin (*tableau 9*).

1.2.2 PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS DE VACCIN

A l'arrivée de chaque lot de vaccin, la Pharmacie vétérinaire envoie un échantillon au laboratoire de Bingerville en vue d'un contrôle de qualité avant l'utilisation sur le terrain. Ainsi ont été reçus des échantillons provenant de 14 lots de vaccin monovalent antibovipestique (7 en 1989, 3 en 1990 et 4 en 1991); de 12 lots de vaccin bivalent contre la peste bovine et la PPCB (9 en 1989, 3 en 1990).

Pendant les campagnes de 1989 et 1990, les équipes des laboratoires (la nôtre basée à Bingerville et une autre à Korhogo), indépendantes des équipes de vaccination, ont sillonné toutes les régions du pays pour prélever des échantillons de vaccin, si possible sur les lieux de vaccination, en prenant soin de ne pas prévenir les vaccinateurs de la visite, afin de mieux apprécier leur travail. Au total, 507 flacons de vaccin ont été prélevés.

En 1991, nous avons limité le contrôle aux échantillons livrés par la Pharmacie vétérinaire et à ceux envoyés par certaines zones (qui ont été prélevés dans le stock restant de l'année précédente), soit 107 flacons (*tableau 10*).

Chaque prélèvement est accompagné d'une fiche de collecte, qui contient plusieurs informations : lieu et heure du prélèvement, numéro de lot et type de vaccin, renseignements sur la chaîne du froid, etc..

TABLEAU 9 : NOMBRE DE SITES POUR LA COLLECTE DE VACCIN

	REGION NORD	REGION CENTRE	REGION FORESTIERE	TOTAL
ZONE	6	5	5	16
SECTEUR	12	8	7	27
CENTRE	48	15	9	72
TOTAL	68	28	21	117

TABLEAU 10 : NOMBRE DE FLACONS DE VACCIN RECUEILLIS
DURANT LES TROIS CAMPAGNES DE VACCINATION EN COTE-D'IVOIRE

ANNEE	TYPE	VACCIN BIVALENT PB ¹³ , PPCB		VACCIN MONOVALENT PB ¹³ PPCB		TOTAL
1989		270		58	0	328
1990		140		36	3	179
1991		22		39	46	107
TOTAL		432		133	49	614

La collecte des échantillons de vaccin a lieu, si possible, à tous les maillons de la chaîne du froid : Pharmacie vétérinaire, zone, secteur, centre/lieu de vaccination. Le prélèvement de l'ensemble des échantillons de vaccins s'est effectué sur 211 sites (tableau 11).

¹³peste bovine.

TABLEAU 11 : NOMBRE DE SITES EFFECTIFS DE PRELEVEMENT DE VACCIN DURANT LES TROIS CAMPAGNES DE VACCINATION EN COTE-D'IVOIRE

ANNEE	SITE	PHARMACIE VETERINAIRE	ZONE	SECTEUR	CENTRE LIEU	TOTAL
1989		1	15	21	106	143
1990		1	7	14	39	61
1991		1	5	1	-	7
TOTAL		3	27	36	145	211

1.3 CONTROLE DE L'EFFICACITE DE LA CAMPAGNE DE VACCINATION : SEROLOGIE POST-VACCINALE

Cette évaluation systématique de la campagne de vaccination est l'une des innovations de ce projet PARC. Il fallait pour cela, un test sensible, spécifique et permettant de traiter un grand nombre de sérums en un temps très court. Le choix s'est porté sur la technique ELISA, à condition d'une part, qu'elle soit au préalable validée sur le terrain, par certains laboratoires (dont celui de Bingerville) et, d'autre part qu'un sérum négatif local de référence soit déterminé dans chacun des pays participants.

1.3.1 VALIDATION DU TEST ELISA INDIRECT

En décembre 1987, nous avons récolté 600 sérums dans le Nord pour apprécier l'immunité post-vaccinale antibovipestique, en comparaison avec la séroneutralisation (avant le début de la campagne PARC).

1.3.2 RECOLTE DE SERUMS DE JEUNES BOVINS

Afin de déterminer le sérum négatif local de référence, 205 sérums ont été prélevés dans les différentes régions (surtout au nord), sur des veaux non vaccinés ayant entre six mois et un an d'âge.

1.3.3 SUIVI DE VEAUX DE 1 MOIS A 1 AN D'AGE

A l'issue de notre première année d'évaluation de l'immunité post-vaccinale antibovipestique, les résultats avaient montré qu'une proportion importante de veaux de moins de 6 mois d'âge étaient négatifs, contrairement à certaines études (BROWN, 1958b; BROWN, 1958c; SINGH et al., 1967). Ceci nous a incité à

entreprendre une étude portant sur la cinétique de disparition des anticorps d'origine maternelle chez des veaux nés de mère vaccinée.

Dans deux élevages (IRHO La Me et IDESSA), un suivi sérologique a été mené sur des veaux de 1 à 12 mois non vaccinés contre la peste bovine.

Au début de l'opération (jour J0), la prise de sang a été faite sur la mère régulièrement vaccinée contre la peste bovine et sur son veau. Puis tous les mois, les prélèvements ont été effectués uniquement sur les veaux jusqu'à 12 mois, âge auquel ils ont été vaccinés avec le vaccin monovalent antibovipestique. Les animaux présents à chaque séance étaient marqués sur une fiche de suivi.

Au jour J0, l'élevage d'IRHO la Me comptait 32 mères suitées et 32 veaux, celui de l'IDESSA, 34 mères suitées et 34 veaux. Nous avons confié le suivi de l'élevage de l'IDESSA au laboratoire de Bouaké parce que situé au même lieu.

I.3.4 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE DU CHEPTEL BOVIN NATIONAL

Afin d'évaluer l'immunité post-vaccinale, un prélèvement de sérums a été effectué sur les bovins, trois mois après la fin officielle de chaque campagne de vaccination contre la peste bovine¹⁴. Cette collecte s'est étendue sur quatre mois en 1989/90, sur trois mois en 1990/91 et 1991/92.

Un modèle d'échantillonnage en grappes a été élaboré, avec une division du pays selon les principales zones écologiques, en trois grandes régions : région Nord, région Centre, région Forestière (sud-est, sud-ouest et ouest).

Chaque région est successivement divisée en zones d'encadrement puis en secteurs et enfin, en centres d'encadrement. Ceux-ci regroupent les villages et/ou les campements dans lesquels se trouvent les parcs d'animaux (*fig. 11*). Les centres d'encadrement représentent les différentes grappes d'un secteur.

A partir de la base de sondage (liste des élevages par subdivision d'encadrement) établie par les projets SODEPRA, nous avons procédé aux tirages suivants (*tableau 12*) :

¹⁴Le vaccin utilise un vaccin mixte peste bovine/PPCB; un délai de 3 mois a été fixé pour que les sérums puissent faire l'objet d'une recherche des anticorps de la PPCB. En effet, la vaccination avec la souche TI-SR de Mycoplasma mycoides mycoides SC (SHERIFF et al., 1952) peut entraîner des réactions sérologiques positives pour la PPCB pendant une période de 2 à 3 mois.

Région Nord

La région Nord a été divisée en six zones et chacune d'elles a été partagée en quatre secteurs géographiques. Ce qui donne 24 secteurs.

- Un premier échantillon aléatoire simple a permis de choisir trois centres par secteur soit 72 centres, constituant le premier degré du sondage.
- Un deuxième échantillon aléatoire simple a permis ensuite de déterminer trois villages et/ou campements par centre soit 216, constituant alors le deuxième degré du sondage.
- Un troisième échantillon, systématique cette fois-ci, a permis d'obtenir les parcs où ont été effectués les prélèvements sanguins.

Le parc tiré fait donc partie d'une grappe et a été obtenu à la suite de tirages dont deux à l'aide d'une table de nombres aléatoires.

Dans un village ou campement, 40 bovins, répartis à raison de 10 par classe d'âge (3 mois-1 an; 1-2 ans; 2-3 ans; > 3 ans), ont été choisis de façon systématique dans les parcs (maximum 4 parcs par village ou campement). Si le nombre de 40 bovins n'est pas atteint dans le premier village ou campement tiré, il est complété dans le deuxième village qui suit, le cas échéant dans le troisième. Dans le même centre, 80 sérums sont prélevés, soit 40 sérums par type d'élevage à l'exception de la zone d'Odienné qui ne compte que des bovins sédentaires.

Régions Centre et Forestière

Ces régions ont été divisées chacune en 4 zones puis en 12 secteurs d'encadrement. Le même schéma de tirage a été suivi.

Le caractère "type d'élevage" n'a été considéré que dans le Nord en 1989/90. En 1990/91, il a été étendu à la région Centre. Pour limiter le nombre de sous-populations, seuls les caractères "sédentaire" et "transhumant" ont été retenus. La catégorie des boeufs de culture attelée a été regroupée avec les sédentaires. Aucun quota par sexe n'a été précisé.

Le plan d'échantillonnage du cheptel bovin tel que défini a suivi les recommandations de l'Unité d'épidémiologie du projet PARC basée à Nairobi (Kenya).

Fig. 11 : SUBDIVISION REGIONALE D' ENCADREMENT

VILLAGES OU CAMPEMENTS

CENTRES D' ENCADREMENT

REGION

ZONE

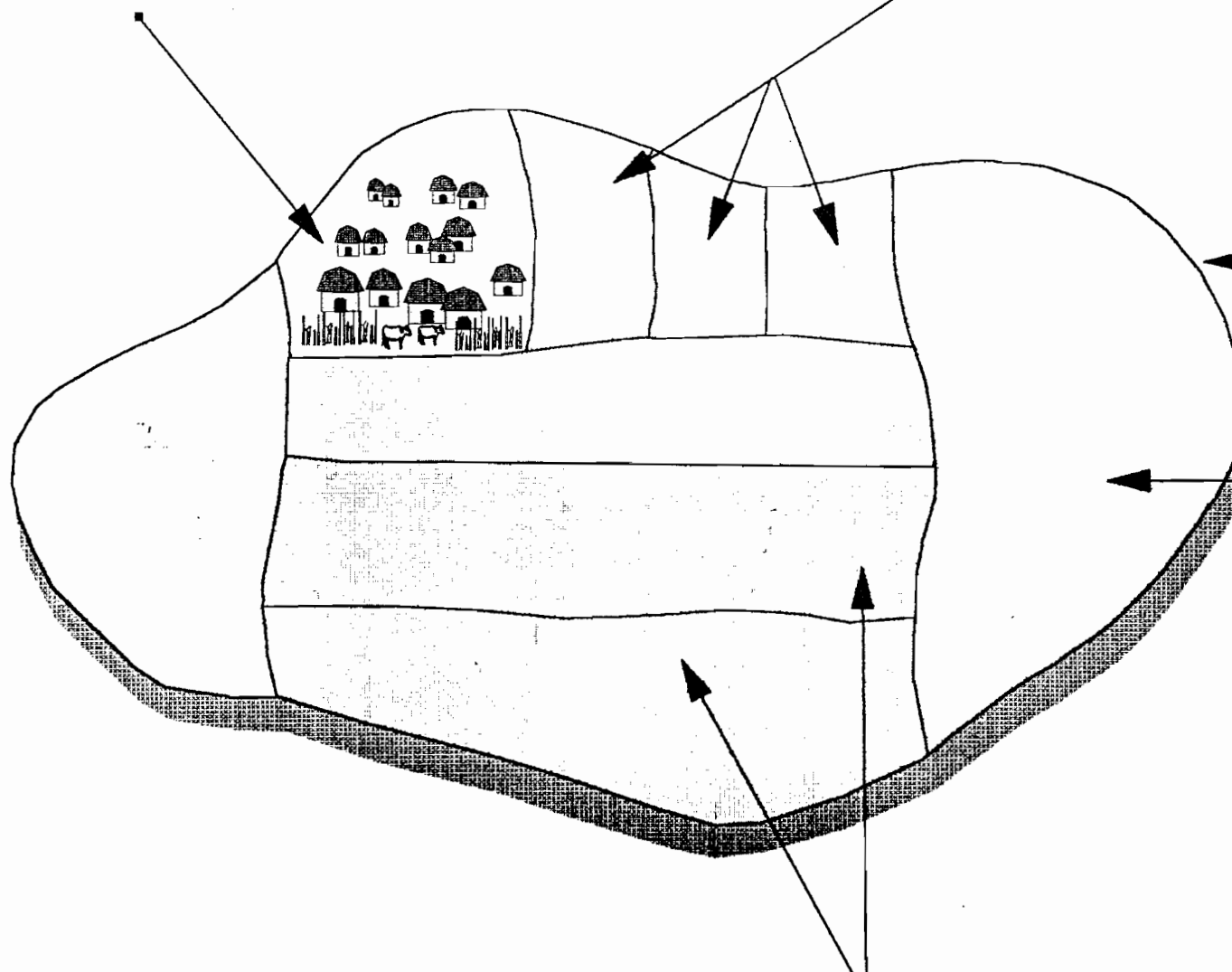


TABLEAU 12 : PLAN D'ECHANTILLONNAGE

REGION	SUBDIVISION REGIONALE	ZONE	SECTEUR	CENTRE	VILLAGE OU CAMPEMENT
NORD		6	24	72	216
CENTRE		4	12	36	108
FORESTIERE		4	12	36	108

I.3.4.1 METHODES DE TERRAIN

I.3.4.1.1 QUESTIONNAIRE

Un exemple de fiche de collecte a été élaboré par l'Unité d'épidémiologie du PARC. En prévision de la constitution de la sérobanque, nous l'avons adaptée pour obtenir des informations supplémentaires : antécédant vaccinal (PPCB et brucellose); antécédant pathologique (affection génitale, respiratoire); traitement avec un trypanocide, etc. A la fin du questionnaire, une appréciation des réponses données par l'éleveur et/ou par l'agent d'encadrement est faite : A = bon; B = moyen; C = médiocre.

I.3.4.1.2 PRELEVEMENT SUR LE CHEPTEL NATIONAL BOVIN

Pour commencer la campagne de collecte, l'équipe du laboratoire de Bingerville, menée par le responsable du programme s'est rendue pendant une semaine au laboratoire de Korhogo pour expliquer les modalités pratiques de la collecte : indépendance de l'équipe du laboratoire à l'égard des agents de terrain, organisation du travail sur le terrain, mode d'étiquetage et classement des flacons de sérum.

La liste des centres et villages tirés depuis Bingerville a été alors remise.

A partir de cette liste, un calendrier de passage a été établi en collaboration avec les agents d'encadrement (essentiellement les responsables sanitaires et les chefs de zone). Ce calendrier a été communiqué à l'encadreur qui a prévenu les éleveurs des villages et/ou campements tirés, la veille du passage. De ce fait, les agents d'encadrement n'avaient aucun moyen de diriger l'équipe de collecte vers tel élevage ou tel autre. Ils ont suivi strictement les recommandations reçues.

Cette collaboration des uns et des autres a été facile à obtenir grâce à la sensibilisation précédemment mentionnée.

La journée de prélèvement commençait très tôt le matin avec deux équipes en général, conduites chacune par un vétérinaire du laboratoire et s'arrêtait en moyenne à la mi-journée.

Dans les régions Nord et Centre (la deuxième année), chaque équipe s'occupait d'un type d'élevage dans les villages de chaque centre d'encadrement. Dans les autres régions, les deux équipes intervenaient sur le même type d'élevage dans des villages qui sont souvent éloignés les uns des autres. Les équipes établissaient leur base le plus souvent au siège du secteur, parfois à celui de la zone. L'après-midi de la collecte était consacrée à la centrifugation du sang grâce à une petite centrifugeuse portable de terrain, à l'étiquetage des flacons pour les conserver à +4°C ou à -20°C selon l'équipement du lieu.

En 1989/90¹⁵, les prélèvements de sang ont été pratiqués selon ces modalités décrites. Notre équipe de Bingerville a couvert les régions Forestière, Centre et la zone de Bouna au Nord-est. Pendant ce temps, le laboratoire de Korhogo prélevait dans les 5 autres zones de la région Nord.

En 1990/91, suivant le même plan d'échantillonnage, d'autres villages ont été tirés au sort et, en fonction des résultats obtenus en 1990, nous avons accordé une attention particulière aux éléments ci-après :

- les animaux transhumants (y compris la région Centre),
- la classe d'âge 1-2 ans (ces animaux avaient entre 0 et 1 an lors de la précédente évaluation),
- les fermes d'Etat : Marahoué, Sipilou, Noronigué, Panya,
- les postes d'entrée pour vérifier l'état immunitaire des animaux d'origine étrangère.

Il est à noter aussi que trois zones sur six au Nord ont été retenues pour cette évaluation, qui correspondent aux zones denses en bovins : Boundiali, Ferkessedougou, Korhogo.

Notre équipe de Bingerville a couvert les mêmes régions que précédemment à l'exception de la zone de Bouna. Le laboratoire de Korhogo a prélevé dans le Nord.

En 1991/92, notre action a été centrée sur 4 points essentiels :

- les fermes d'Etat pour les bovins (pour leur taux d'immunité moins satisfaisant),
- les petits ruminants,
- les porcs,
- la faune sauvage.

Le laboratoire de Bingerville, selon notre protocole, s'est occupé de toute la campagne de prélèvement de sérums.

¹⁵Les deux années indiquées signifient que la vaccination a été effectuée en 1989 alors que les prélèvements sanguins se sont déroulés en 1990. Par contre les résultats sérologiques seront donnés par rapport à l'année de vaccination.

Le même raisonnement est valable pour les collectes de 1990/1991 et de 1991/1992.

I.3.4.1.3 PRELEVEMENT AU NIVEAU DES POSTES D'ENTREE

Il a concerné uniquement le bétail transhumant et les animaux de commerce : bovins, petits ruminants d'origine sahélienne (Burkina-Faso, Mali et quelques bovins de la Guinée, le flux commercial étant très faible avec ce dernier pays).

Les animaux ont aussi été saignés sur une période de trois mois. Sur chaque troupeau qui passait un poste d'entrée, 10 p.100 des animaux ont fait l'objet d'une prise de sang sans distinction d'âge (tous ces animaux étaient d'ailleurs adultes) ni de sexe. Des informations concernant l'antécédant vaccinal, l'origine du troupeau étaient consignées sur une fiche de collecte.

Une formation des agents aux techniques de prélèvement de sang et de récolte du sérum, assurée par le laboratoire de Korhogo, a précédé cette campagne de collecte aux frontières. Le sérum, obtenu par simple décantation après la formation du caillot, était conservé dans des flacons à -20°C, en attendant sa livraison à Korhogo pour l'ultime traitement (centrifugation, étiquetage et stockage).

La collecte a eu lieu également aux marchés à bétail d'Abidjan (par notre équipe) et de Bouaké (par le laboratoire de Bouaké).

I.3.5 ECHANTILLONS RECUEILLIS ET REPARTITION DES SERUMS DU CHEPTEL NATIONAL BOVIN

En 1989/90, 6030 sérums ont été collectés sur 255 sites de prélèvement répartis comme indiqué dans *le tableau 13*.

TABLEAU 13 : SERUMS PRELEVES AU COURS DE LA CAMPAGNE DE COLLECTE 1989/1990 EN COTE-D'IVOIRE

PRELEVEMENT REGION	SERUMS RECOLTES		PARCS VISITES
	SEDENTAIRE	TRANSHUMANT	
NORD	2908	1984	196
CENTRE	503	0	21
FORESTIERE	635	0	38
TOTAL	4046	1984	255

En 1990/91 : 4076 sérums ont été collectés sur 158 sites de prélèvement, différents de ceux de l'année précédente, répartis de la façon suivante (*tableau 14*).

TABLEAU 14 : SERUMS PRELEVES AU COURS DE LA CAMPAGNE DE COLLECTE 1990/1991 EN COTE-D'IVOIRE

PRELEVEMENT REGION	SERUMS RECOLTES			PARCS VISITES
	SEDENT*	TRANSH**	RANCH	
NORD	474	656	944	65
CENTRE	528	120	0	24
FORESTIERE	1058	0	296	69
TOTAL	2060	776	1240	158

(*) : Sédentaire.

(**) : Transhumant.

Les ranches (fermes d'Etat) concernés sont :

- ranch de Marahoué : 563 sérums,
- ranch de Sipilou : 297 sérums,
- centre de Noronigué : 240 sérums,
- centre de Panya : 230 sérums.

En 1991/92, 1231 sérums ont été récoltés dans quatre fermes d'Etat soit :

- Marahoué : 491 sérums,
- Badikaha : 233 sérums,
- Panya : 253 sérums,
- Noronigué : 254 sérums.

1.3.6 ECHANTILLONS RECOLTES ET REPARTITION DES SERUMS BOVINS D'ORIGINE ETRANGERE

En 1990, 415 sérums ont été récoltés mais n'ont pas été retenus pour l'analyse parce que la plupart étaient hémolysées.

En 1990/91, 1291 sérums ont été récoltés, dans des conditions meilleures aux différents postes d'entrée et aux marchés à bétail. La répartition par pays d'origine était la suivante :

- Burkina-Faso : 342 sérums,
- Mali : 849 sérums,
- Guinée : 100 sérums.

La grande différence entre le Burkina-Faso et le Mali provient, d'une part du fait qu'il existe plus de postes d'entrée sur la frontière ivoiro-malienne; d'autre part le train est de plus en plus utilisé (deuxième moyen de déplacement) pour convoier les animaux du Burkina-Faso. Le prélèvement dans les wagons de train est pratiquement impossible à réaliser.

I.4 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE NATIONALE

La surveillance épidémiologique des maladies animales est assurée conjointement par les Services vétérinaires et par la SODEPRA :

I.4.1 RESEAU DE SURVEILLANCE DES SERVICES VETERINAIRES

Le réseau de surveillance s'étend sur tout le territoire national avec une prédominance du Nord, où réside l'essentiel du cheptel bovin et un tiers du cheptel ovin/caprin. Suit immédiatement la région Centre et enfin la région Forestière.

Ce réseau est constitué de :

- 73 postes d'élevage;
- 24 cliniques vétérinaires;
- 3 laboratoires régionaux de pathologie animale;
- 4 laboratoires annexes : 2 sont rattachés au laboratoire de Korhogo (Bouna, Touba) et 2 autres à celui de Bingerville (Daloa, Man);
- 1 Service de lutte contre la trypanosomose animale et les vecteurs;
- 1 Service de déclaration des foyers, au siège de la DSV. Toutes ces unités sont coordonnées par le responsable chargé de la santé animale, qui a élaboré une fiche de relevé de foyers à remplir afin d'harmoniser les rapports de déclaration.

En cas de foyer de maladie, les rapports de déclaration aboutissent directement à la DSV, selon les relations fonctionnelles établies entre elle et les structures de terrain, c'est-à-dire sans suivre obligatoirement la voie hiérarchique. Cependant, un exemplaire emprunte cette voie.

Au Service de déclaration des maladies, la gestion des données est présentée chaque mois, en indiquant le type de pathologie, les localités concernées, l'espèce victime, le nombre de foyers cliniques et ceux confirmés au laboratoire, le nombre de contaminés, la morbidité et la mortalité.

Un exemplaire des déclarations mensuelles est envoyé à l'OIE. C'est ainsi que depuis quelques années la Côte-d'Ivoire est l'un des pays de la région ouest-africaine à déclarer le plus de maladies.

I.4.2 RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA SODEPRA

Les projets SODEPRA ont tissé une véritable toile d'araignée sur la Côte-d'Ivoire en la couvrant intégralement. C'est de loin le réseau le plus efficace parce que beaucoup plus proche des élevages.

Chaque projet a un vétérinaire comme responsable sanitaire. Celui-ci est chargé de l'application de la politique en matière de santé animale définie par la DSV et l'encadrement. Il reçoit rapidement les informations du terrain (de l'encadreur) par le chef secteur et le chef de zone.

Mais l'atout principal de ce réseau réside en sa facilité de mobilité. En effet, chaque agent dispose d'un véhicule (pour les chefs de secteur) ou d'une mobylette (pour

les encadreurs) et peut se déplacer sans difficulté d'un point à un autre de sa circonscription d'encadrement (du moins jusqu'à ces dernières années). La troisième raison de leur efficacité est la bonne maîtrise du terrain : le projet SODEPRA-Nord a 20 ans d'encadrement, et les plus récents (projets forestiers) ont plus de 10 ans d'activité. Ainsi chaque agent connaît parfaitement ses élevages. En août 1991, le réseau était formé de :

- 5 vétérinaires, responsables sanitaires basés aux sièges des projets;
 - 17 chefs de zone (8 vétérinaires, 6 agronomes zootechniciens, 3 ingénieurs des techniques d'élevage);
 - 73 chefs secteurs, assistants d'élevage;
 - 300 encadreurs qui animent les centres d'encadrement (un encadreur par centre).
- Ils ont tous le niveau minimum du CEPE¹⁶ et subissent une formation à la base de chaque projet après le recrutement.

Ce réseau dense permet une surveillance efficace du territoire. Depuis peu, les deux réseaux DSV/SODEPRA travaillent en parfaite collaboration aussi bien en surveillance continue de la santé du cheptel que lors des campagnes nationales de vaccination (*tableau 15*).

TABLEAU 15 : PERSONNEL EFFECTIF DU RESEAU DE SURVEILLANCE DE LA SODEPRA

PROJET SUBDIVISION	NORD	CENTRE	SUD- EST	SUD- OUEST	OUEST	TOTAL
RESPONSABLE SANITAIRE	1	1	1	1	1	5
ZONE	6	5	2	2	2	17
SECTEUR	24	21	8	9	11	73
CENTRE	134	101	26	19	20*	300
TOTAL	165	128	37	31	34	395

(*) 14 centres pour 20 encadreurs dans ce projet.

Remarque : la région forestière est constituée de 3 projets SODEPRA projets Sud-est, Sud-ouest et Ouest.

¹⁶ Certificat d'Etudes Primaires et Elémentaires.

I.4.3 CONTROLE AUX FRONTIERES

Sur les frontières Nord et Nord-ouest sont implantés 10 postes d'entrée qui sont des points de contrôle par où doivent transiter les animaux sahéliens avant d'atteindre l'intérieur du pays. A ces postes sont effectuées les différentes opérations de contrôle : certificat de vaccination, visite sanitaire du troupeau, etc. C'est justement le lieu où se retrouvent les deux réseaux pour coordonner leur action afin de mieux surveiller la frontière.

Un poste de contrôle est également installé au port et à l'aéroport, mais le risque de contamination du cheptel bovin dont l'origine viendrait d'une de ces voies d'entrée est négligeable dans la situation actuelle. Ces contrôles portent sur la qualité organoleptique et nutritive de la viande importée.

I.4.4 SONDAGE A L'ABATTOIR

Les abattoirs sont de vrais observatoires en santé animale, surtout pour mesurer l'efficacité d'une campagne de prophylaxie. A ce point de vue, ils sont fort utiles dans les maladies à évolution chronique comme la tuberculose ou la PPCB, mais peuvent aussi aider à apprécier l'importance d'une pathologie à évolution rapide telle que la peste bovine. A titre d'exemple, la découverte du premier cas de fièvre aphteuse a eu lieu à l'abattoir en octobre 1990. Les abattoirs municipaux des régions participent donc à un certain niveau à la surveillance épidémiologique du pays.

En 1990/91, les marchés à bétail jouxtant les abattoirs de Bouaké et d'Abidjan ont permis de recueillir du sérum sur les animaux de commerce d'origine étrangère, achetés et désignés pour être abattus dans la journée :

- 72 sérums provenant de bovins du Burkina-Faso;
- 113 sérums de bovins du Mali.

(ces sérums font partie des 1291 sérums cités ci-dessus)

I.4.5 LABORATOIRES DE PATHOLOGIE ANIMALE ET LEURS ANNEXES

Le rôle des laboratoires dans l'amélioration de la santé animale n'est plus à démontrer. En effet, il n'y a pas de développement de l'élevage sans laboratoires. L'efficacité de leur action nécessite cependant des moyens matériels et humains et des thèmes de travail bien précis.

Les laboratoires sont implantés dans chacune des trois grandes régions du pays : Sud, Centre, Nord avec une spécialisation plus ou moins forte de chacun d'eux sur les types de prélèvements traités :

- le laboratoire de Bingerville reçoit beaucoup plus de prélèvements d'origine aviaire, suivis par ceux des petits ruminants;
- le laboratoire de Bouaké accueille plus d'échantillons de petits ruminants;
- le laboratoire de Korhogo enregistre plus d'échantillons d'origine bovine.

Le laboratoire de Bingerville comporte plus de services que les deux autres. De ce fait, il accueille des prélèvements de toutes espèces. Il est aussi le laboratoire central.

Les laboratoires annexes aident principalement à la collecte d'échantillons et réalisent quelques tests simples de diagnostic parasitologique.

Dans le cadre du programme PARC-CI, les activités de contrôle de l'efficacité des vaccinations (qualité des vaccins et l'immunité post-vaccinale) et d'épidémiologie de la peste bovine sont entièrement exécutées par notre service de Virologie au laboratoire central, aidé des deux autres. Ils jouissent à cet effet d'une totale indépendance vis-à-vis des structures de terrain tant au niveau des thèmes de travail que des moyens disponibles pour la réalisation de ceux-ci.

Les prélèvements effectués dans les foyers de maladie sont analysés au laboratoire pour confirmer le diagnostic clinique; ils servent à l'élaboration des rapports mensuels du Service des déclarations de la DSV.

Les laboratoires constituent donc par les activités qu'ils mènent une pièce maîtresse du réseau de surveillance.

1.4.5.1 TOURNEES DU LABORATOIRE DE BINGERVILLE

Il est peu probable que les services d'un laboratoire de diagnostic en Afrique noire fonctionnent correctement s'ils doivent attendre que les prélèvements arrivent du terrain. C'est aussi vrai pour la Côte-d'Ivoire où l'encadrement de base est très développé. Aussi ces laboratoires, pour être efficaces, sont appelés à effectuer des sorties régulières sur le terrain, afin de ramener des échantillons pour l'analyse et d'apprécier également l'état sanitaire des troupeaux.

Pour le laboratoire de Bingerville, quatre services se relaient en permanence sur le terrain chaque semaine (il est fréquent de voir plus d'une équipe en déplacement). Cette grande mobilité des équipes a été possible grâce à l'exécution simultanée de plusieurs projets : PARC-CI, FAC¹⁷, IEMVT/CEE/DG XII¹⁸.

Sur les trois années : 1989, 1990 et 1991, le laboratoire a effectué 251 sorties sur le terrain pour 71 266 km parcourus et en 733 jours-hommes de mission.

Notre service de Virologie, responsable de l'épidémiologie-surveillance de la peste bovine a effectué de nombreuses sorties sur le terrain (*tableau 16*).

¹⁷Projet enquête de la pathologie des petits ruminants financé par la Coopération Française.

¹⁸Projet CEE/DG XII et l'IEMVT sur la mise au point d'un vaccin homologué anti-PPR.

TABLEAU 16 : SORTIES EFFECTUEES PAR LE SERVICE DE VIROLOGIE DU LABORATOIRE DE BINGERVILLE

ANNEE	NOMBRE DE SORTIES	MOTIFS DE SORTIE	NOMBRE JOURS-HOMMES EN MISSION	KM PARCOURUS
1989/90	17	- sérosurveillance - contrôle vaccin - foyers fièvre aphteuse - foyers PPR	230	25 964
1990/91	14		82	10 822
1991/92	11		97	7579
TOTAL	42		409	44 365

I.5 METHODES D'ANALYSE AU LABORATOIRE

I.5.1 CONTROLE DE QUALITE DES VACCINS

Les échantillons envoyés par la Pharmacie vétérinaire ont subi les tests suivants: titrage, stérilité (vaccins viraux), pureté (vaccins bactériens), test du vide, innocuité sur souris. Ces test sont été également appliqués aux flacons prélevés sur le terrain à l'exception de celui d'innocuité sur souris.

- Technique de titrage de la valence peste bovine : selon la méthode en plaque de 96 trous (PALYA et al., 1991; SYLLA, 1991). Les cellules Véro qui sont des cellules de reins de singe en lignée continue, ont été utilisées. Le vaccin est obtenu à partir de la souche vaccinale Rinderpest Old Kabete (RBOK) (PLOWRIGHT et al., 1962c). La valence PPCB des vaccins bivalents est éliminée en ajoutant 1 ml de Suanovil 20ND pour 100 doses.

Méthode

Travailler dans un bain de glace lors de la manipulation du vaccin.

- reconstituer le vaccin avec 1 ml d'eau physiologique; ajouter 1 ml de Suanovil 20ND pour les vaccins bivalents;
- ajouter 48 ml d'eau physiologique pour un flacon de 50 doses (donnant 1 dose/ml) et agiter;
- établir une gamme de dilutions de raison 10 (de 10⁻¹ à 10⁻⁸).

Sur une microplaque de 96 cupules :

- distribuer 100 µl d'une suspension cellulaire à 10⁵ cellules/ml en milieu MEM (+ 10 p.100 de sérum foetal de veau + 1 p.100 antibiotique) (colonne 1 à colonne 10);

- distribuer 100 μ l de chaque dilution virale; une rangée est affectée à chaque dilution (rangée A à rangée H);
- distribuer 100 μ l de milieu MEM et 100 μ l de la suspension cellulaire (témoin cellules) (colonne 12);
- incuber à 37°C en atmosphère de CO₂ pendant 7 à 10 jours.

Lecture

L'apparition de l'effet cytopathogène (ECP) est notée (+);

L'absence de l'ECP est notée (-);

Les témoins cellulaires doivent rester intacts.

Le titre du vaccin a été déterminé par la méthode de Spermann-Kärber (ARDOIN, 1983).

- Test de pureté

Une coloration de Gram et de Giemsa est réalisée sur le contenu d'un flacon de vaccin après sa reconstitution.

- Test de stérilité

Différents milieux de culture bactériologique sont ensemencés avec la suspension vaccinale :

- * Bouillon tryptose-sérum-----5 tubes,
- * Tryptose Agar-sérum-----2 boîtes de Pétri,
- * Bouillon au Thioglycolate-----5 tubes,
- * Milieu de Sabouraud-----2 boîtes de Pétri.

L'incubation se fait à 37°C pendant 48 à 72 heures.

La composition des différents milieux de culture est indiquée en *annexe 10*.

- Test du vide

Le test se fait à l'aide d'un appareil EDWARDS ST4 M SPARK TESTER qui émet une lumière violette pour un produit ayant un vide convenable quand l'électrode est appliquée sur le flacon de vaccin.

- Test d'innocuité sur souris

Cinq souris adultes sont inoculées par voie intrapéritonéale avec 0,5 ml (voire 1 ml) de la suspension vaccinale; ces animaux inoculés sont gardés en observation pendant trois semaines. Deux souris non éprouvées sont prises comme témoin.

I.5.2 SEROLOGIE POST-VACCINALE

- Séroneutralisation virale (SNV) : selon la méthode en plaque de 96 trous (ROSSITER et al., 1982a; TAYLOR, 1984). Les cellules Véro ont été employées comme cellules permissives. Le virus est la souche vaccinale RBOK (*annexe 11*). Pour la détermination du sérum négatif local de référence, un certain nombre de sérums, négatifs en ELISA indirect, ont été confirmés négatifs avec la technique de référence : la séroneutralisation. Le sérum négatif local de référence a servi de sérum négatif dans la réaction d'ELISA indirect.

La SNV a été utilisée pour rechercher la circulation du RPV dans les espèces autres que l'espèce bovine, avant l'utilisation de l'ELISA de compétition.

- Comparaison SNV-ELISA indirect : en vue de la validation du test ELISA indirect pour la sérologie post-vaccinale antiovipestique.

Les mêmes sérums ont été testés par les deux techniques d'analyse.

Le quotient kappa a permis de mesurer le degré de concordance entre les deux tests (MARTIN et al., 1987). De même la matrice de concordance a servi à déterminer la spécificité et la sensibilité relatives de l'ELISA indirect.

- ELISA indirect : adapté à la sérologie de la peste bovine (ANDERSON et al., 1982; ANDERSON et al., 1983). Ce test révèle les anticorps polyclonaux que suscite l'administration du vaccin antiovipestique ou l'infection naturelle par le RPV; il détecte aussi les anticorps polyclonaux induits par le PPRV (*annexe 12*).

- ELISA de compétition : adapté à la sérologie de la peste bovine (ANDERSON et al., 1991), révèle spécifiquement les anticorps anti-H du RPV. Il permet de faire d'emblée un diagnostic différentiel d'avec le PPRV (*annexe 13*).

Les deux tests pour la sérologie de la peste bovine ont été préconisés par l'AIEA, pour le contrôle de l'immunité post-vaccinale dans le cadre du projet PARC en Afrique. De 1988 à 1991, ce fut l'ELISA indirect et depuis septembre 1991, l'ELISA de compétition¹⁹ est recommandé parce que plus spécifique.

Les réactifs complets sont fournis par l'AIEA.

Dans les deux réactions, la lecture des densités optiques (DO) est faite avec un lecteur MULTISKAN MCC portant un filtre dont la longueur d'onde est de 492 nm.

¹⁹L'ELISA de compétition n'a pas fait l'objet d'une validation par les laboratoires. Il ne fait pas non plus appel à un sérum négatif local de référence

CHAPITRE II : EVALUATION ECONOMIQUE DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE

II.1 ETUDE DES COUTS

Le coût global de la campagne de lutte contre la peste bovine est la somme de trois coûts élémentaires :

- le coût des campagnes de vaccination;
- le coût des actions épidémiologiques;
- le coût du système d'information zoosanitaire.

Chacun se divise en deux rubriques :

- charges fixes : investissement, fonctionnement, personnel, entretien, etc.;
- charges variables : indemnités, vaccin, formation, etc.

II.2 ETUDE DES PERTES ECONOMIQUES

Elles peuvent être quantifiées selon deux approches :

1)- les paramètres épidémiologiques du RPV dans une population en évolution permettent de construire un modèle qui détermine les pertes. Ce modèle n'existe pas encore pour la peste bovine;

2)- les paramètres zootechniques des systèmes d'élevage, et les effets de la maladie sur ceux-ci, peuvent donner un modèle de production animale qui détermine la productivité du troupeau en présence ou en absence de la maladie.

Les pertes économiques dues à la peste bovine se traduisent par les différences de production entre les hypothèses "avec et sans" projet de vaccination, calculées à l'aide d'un modèle informatique de simulation de l'évolution du troupeau (LIVMOD II²⁰), en se fondant sur cette deuxième approche.

Nous avons tiré les paramètres zootechniques d'un échantillon de 139 617 bovins, établi dans le Nord (SODEPRA-Nord) (ATSE, 1992) (*annexe 14*).

Le choix de cette région repose sur plusieurs raisons :

- le projet SODEPRA-Nord encadre 85 p.100 du cheptel bovin (sédentaire et transhumant);
- une étude des paramètres zootechniques y a déjà été menée sur un échantillon défini en 1990; -
- la région Nord jouxte les pays sahéliens et fut victime de la peste bovine trois années consécutives (1983, 1984, 1985).

Nous avons entrepris l'étude des pertes économiques d'après deux hypothèses basées sur des données de terrain réellement observées (paramètres zootechniques du troupeau et données épidémiologiques sur la peste bovine) :

²⁰Logiciel de simulation des productions animales mis au point par la FAO/IEMVT.

II.2.1 HYPOTHESE A : "AVEC PROJET DE VACCINATION"

II.2.1.1 SITUATION REELLE (ETAT A0)

En zone d'enzootie, malgré le programme de vaccination, la peste bovine peut survenir et entraîner la mort chez les jeunes animaux dépourvus d'anticorps maternels et non vaccinés (le hiatus immunitaire de l'âge). Le taux de mortalité sera toutefois faible. D'après les observations faites à l'issue des dernières épizooties dans la région Nord, il est estimé à 4 p.100. L'épizootie est supposée durer deux années consécutives et intéresser seulement les deux premières classes d'âge : 0-1 an et 1-2 ans. Le taux de mortalité est supposée de 4 p.100 la première année de l'épizootie et de 2 p.100 la deuxième année.

II.2.1.2 HYPOTHESE A1

Nous supposons que malgré la campagne de vaccination un taux de mortalité plus élevé (10 p.100) est obtenu sur les animaux des mêmes tranches d'âge la première année. Ce taux devient 5 p.100 la seconde année d'épizootie.

II.2.2 HYPOTHESE B : "SANS PROJET DE VACCINATION"

II.2.2.1 HYPOTHESE B1 OU HYPOTHESE HAUTE

Le taux de mortalité est de 40 p.100 la première année et 20 p.100 la deuxième année de l'épizootie. Les mêmes classes d'âge sont concernées, en admettant qu'au delà les animaux sont protégés de façon naturelle par l'épizootie précédente.

II.2.2.2 HYPOTHESE B2 OU HYPOTHESE BASSE

Le taux de mortalité passe de 20 p.100 la première année à 10 p.100 l'année suivante.

Dans les deux hypothèses A et B, l'épizootie survient tous les cinq ans, temps nécessaire pour la reconstitution du troupeau et l'obtention d'un seuil critique d'animaux sensibles (JACOTOT et MORNET, 1967; JAMES, 1991).

Nous avons fait une projection sur 12 ans avec l'apparition d'une première épizootie entre 5 et 6 ans et d'une deuxième entre 12 et 13 ans. Cependant notre étude portera seulement sur la première épizootie.

Les autres paramètres zootechniques restent inchangés : la peste bovine se traduit soit par la mort (perte sèche) de l'animal, soit, en cas de guérison, par une récupération rapide et totale de son état précédent.

II.3 ETUDE COUTS/BENEFICES DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE

L'analyse se fonde sur l'actualisation des bénéfices et des coûts précédents dans le temps. Les coûts et les pertes basées sur les hypothèses permettent de déterminer le coût/bénéfice des campagnes de vaccination.

II.4 CRITERES D'EVALUATION

Deux critères d'évaluation sont retenus :

- *la valeur actuelle nette (VAN)* s'obtient en déduisant la valeur actuelle des coûts (VAC) de celles des bénéfices (VAB) pour un taux d'actualisation donné. Elle donne une idée précise de l'avantage total découlant d'un projet.

- *le taux de rentabilité interne (TRI)* est le taux d'actualisation pour lequel le bénéfice actualisé est nul. Le TRI est utilisé pour comparer les projets.

REMARQUE : Les calculs économiques sont réalisés avec une valeur du Franc CFA ayant une parité avec le Franc français suivante :

1 FCFA = 0,02 FF c'est-à-dire la valeur d'avant la dévaluation intervenue le 11 janvier 1994.

CHAPITRE III : RECHERCHE DE LA CIRCULATION DU RPV CHEZ LES AUTRES ESPECES ANIMALES RECEPTIVES

L'absence d'infection par le RPV est l'étape ultime après l'arrêt de la vaccination pour déclarer un pays définitivement indemne de peste bovine (selon les recommandations de l'OIE et du PARC).

En Côte-d'Ivoire, parallèlement au contrôle de l'efficacité des campagnes de vaccination, nous avons mené une étude portant sur l'existence et la circulation du RPV dans les espèces autres que l'espèce bovine. Pour ce faire, il a été procédé à des prélèvements sanguins sur des petits ruminants non vaccinés, des porcs et des animaux de la faune sauvage.

III.1 PETITS RUMINANTS

En 1990/1991, nous avons retenu les élevages villageois non encadrés de la région forestière, qui n'ont jamais subi la vaccination contre la PPR avec le vaccin antibovipestique, soit 44 troupeaux pour 1442 sérums recueillis ainsi répartis :

- région Agnibilékro :	5 villages	pour	411 sérums;
- " Divo :	8 "	" "	253 "
- " Tiémélékro :	12 "	" "	86 "
- " Vavoua :	16 "	" "	692 "

Les villages concernés n'ont fait l'objet d'aucun tirage aléatoire préalable. Il s'agissait de trouver des zones où la vaccination n'avait pas été effectuée.

En 1991/1992, la collecte de sérums des petits ruminants issus de troupeaux non vaccinés s'est étendue à tout le pays. Selon notre plan d'échantillonnage, 2673 sérums ont été recueillis sur 100 troupeaux tirés au hasard soit environ 25 animaux par troupeau

- région Nord : 643 sérums provenant de 25 troupeaux;
- région Centre : 667 sérums issus de 27 troupeaux;
- région Forestière : 1363 sérums venant de 48 troupeaux.

La région forestière comprend :

- le sud-forestier avec 609 sérums venant de 23 troupeaux,
- l'ouest forestier avec 754 sérums issus de 25 troupeaux.

Pendant la collecte, les animaux saignés n'ont pas été choisis selon un critère particulier. En effet, les villageois sont prévenus la veille du passage de l'équipe, afin qu'ils maintiennent enfermés dans des enclos leurs animaux en divagation dans le village, chaque famille devant attraper les siens. Le jour du travail, le prélèvement s'effectue évidemment sur ceux qui ont été saisis. Ce qui ne fut pas facile : ces contrées sont restées sans vaccination à cause, en grande partie, du manque de collaboration des propriétaires.

III.2 PORCS

Les élevages sont surtout concentrés dans la zone péri-urbaine d'Abidjan. Ainsi 804 sérums de porcs, essentiellement d'élevage, ont pu être collectés (par le laboratoire de Bingerville) en fonction de nos recommandations, dont 677 dans 110 fermes de la région d'Abidjan et 127 dans 19 fermes de l'Ouest.

III.3 RUMINANTS SAUVAGES

Profitant d'une opération de capture et de transfert d'animaux sauvages de la réserve de Bouna au Parc de vision d'Abokouamékro, nous avons demandé le prélèvement d'échantillons de sérums et de sang total. Ainsi 209 sérums ont été recueillis. Ils se répartissent selon les espèces comme suit :

- Bubale (*Alcelaphus buselaphus*) : 9
- Buffle (*Syncerus caffer*) : 51
- Cobe Defassa (*Kobus defassa*) : 19
- Cobe de Buffon (*Kobus kob*) : 112
- Eléphant (*Loxodonta africana*) : 3
- Hippotrague (*Hippotragus equinus*) : 12
- Phacochère (*Phacocheirus aethiopicus*) : 3

Les sérums recueillis pour ce thème (provenant de petits ruminants, de porcs et de la faune sauvage) ont été repris pour évaluer la prévalence de la PPR.

III.4 METHODES D'ANALYSE

- SNV : cf sous-chapitre I.5.2 ci-dessus;

- SNV comparative (SNVC) : est une microméthode en plaque de 96 cupules (ROSSITER et al., 1985). Sont utilisées la même lignée Véro ainsi que la même souche RBOK. Cependant, un deuxième virus est également introduit : la souche vaccinale 75/1 obtenue du PPRV 75/1 (DIALLO et al., 1989b). Le même sérum est testé contre les deux virus. Ce test nous a servi à rechercher l'origine de la séroconversion chez certains petits ruminants non vaccinés avec le vaccin antibovipestique et trouvés positifs à l'ELISA indirect (*annexe 15*).

- ELISA de compétition : adapté à la sérologie de la PPR (LIBEAU, données non publiées), détecte spécifiquement les anticorps anti-N du PPRV. Nous l'avons utilisé pour apprécier la prévalence de la PPR sur les sérums des espèces autres que l'espèce bovine. La lecture des DO est faite à 492 nm.

- ELISA de compétition : adapté à la sérologie peste bovine (cf sous-chapitre I.5.2 ci-dessus). Cette technique d'analyse permet de caractériser spécifiquement le RPV au sein du genre Morbillivirus.

Le tableau 17 présente l'ensemble des sérums récoltés et les analyses que nous avons effectuées au cours du projet PARC-CI.

TABLEAU 17: RECAPITULATIF DU NOMBRE DE SERUMS RECUEILLIS
ET DES ANALYSES EFFECTUEES PENDANT LE PROJET PARC-CI

	SERUMS TESTES	ELISA INDIRECT	ELISA COMPETITION RP*	ELISA COMPETITION PPR	SNV + SNVC	TOTAL ANALYSES
BOVINS CI	6030	X				6030
	4076	X				4076
	1231	X				1231
BOVINS ETRANGERS	1291	X				1291
PR CI	1442	X			1342**	2784
	2673		X	X		5346
PR ETRANGERS	312	X			X	624
PORC	804		X	X		1608
FAUNE SAUVAGE	209		X	X		418
TOTAL	18 068	14 382	3686	3686	1654	23 408

(*) : rinderpest

(**) : nombre de sérums testés en SNVC.

CI : Côte-d'Ivoire

PR : petits ruminants

CHAPITRE IV : PROBLEME DE LA VACCINATION DES PETITS RUMINANTS AVEC LE VACCIN HETEROLOGUE ANTIBOVIPESTIQUE : DEVELOPPEMENT D'UN VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1

La vaccination des petits ruminants se fait jusqu'à présent avec le vaccin hétérologue antibovipestique, grâce à la parfaite immunité croisée existant entre les deux virus RPV/PPRV.

Le projet d'éradication de la peste bovine (PARC) exécuté actuellement en Afrique devra à terme interdire l'usage du vaccin antibovipestique sur toutes les espèces animales, afin de déclarer un pays officiellement indemne de la peste bovine.

La plupart de ces pays souffrent parallèlement de la PPR, dont l'aire d'extension serait la région sahélienne et soudano-guinéenne de l'ouest et du centre (LEFEVRE, 1987). Le cheptel de petits ruminants de ces pays doit continuer à être protégé avec, cette fois-ci, un vaccin homologue, pour mieux contrôler une éventuelle circulation du virus bovinepestique après l'arrêt de la vaccination des bovins. Aussi une souche PPRV a-t-elle été isolée et atténuée par passages successifs sur la lignée cellulaire Véro au CIRAD/EMVT (DIALLO et al., 1989b). Ce vaccin, après les études de validation, se présentera alors comme le substitut indispensable pour lutter contre cette épizootie meurtrière des petits ruminants dans des pays comme la Côte-d'Ivoire, qui sont obligés de vacciner chaque année ces espèces avec le vaccin hétérologue.

Les études menées pour valider ce nouveau vaccin sont de plusieurs ordres :

- 1- détermination de la dose minimale efficace (DME),
- 2- innocuité du vaccin homologue sur les femelles gestantes,
- 3- vaccination des petits ruminants en milieu villageois et en élevages encadrés (essai en grandeur nature),
- 4- devenir d'une souche sauvage de PPRV chez un animal vacciné avec le vaccin homologue ou hétérologue,
- 5- devenir d'une souche virulente de RPV chez un animal vacciné avec le vaccin homologue PPR 75/1.

Nous avons conduit les expériences 1,2,3,4 en Côte-d'Ivoire; par contre il nous a fallu, pour réaliser la cinquième, faire le déplacement au laboratoire de Recherches Vétérinaires de Farcha (Tchad) qui possède des installations appropriées à la manipulation du RPV virulent.

Matériel et Méthodes

L'espèce caprine, la plus sensible à la PPR, a été choisie pour les expériences 1, 4, 5, réalisées en laboratoire.

Pour chaque expérience, des chèvres naines ont été achetées dans la région forestière du pays. Ce sont des animaux en divagation dans les villages (élevage villageois) et jamais vaccinés avec le vaccin hétérologue. Ramenées au laboratoire, ces chèvres ont été identifiées à l'aide d'une boucle à l'oreille, réparties en lots par un tirage aléatoire et placées dans des boxes différents de dimensions égales. Par la suite, elles ont été traitées contre les parasites gastrointestinaux et ont reçu une couverture antibiotique pendant 7 jours (IntramycineND et TylanND). L'aliment distribué était composé d'herbes fraîches et de pelures de banane, d'igname, de manioc, ramassées dans les villages limitrophes. Cette alimentation ne diffèrait guère de celle qu'elles avaient auparavant.

Nous avons gardé ces animaux en observation pendant trois semaines pour qu'ils s'adaptent à leur nouvel environnement avant le début du protocole expérimental.

IV.1 EXPERIENCES PRELIMINAIRES

IV.1.1 ISOLEMENT DE LA SOUCHE PPRV-COTE-D'IVOIRE (PPRV-CI)

Pour réaliser les expériences sur le vaccin homologue, il fallait disposer au préalable d'une souche virulente d'épreuve connue. Plusieurs foyers de PPR ont été étudiés en 1989 : l'un d'eux a permis d'effectuer des observations cliniques, nécropsiques, et d'isoler le virus responsable sur la lignée cellulaire Véro (souche PPRV-CI-89/1-Véro4). Elle a servi aux épreuves virulentes post-vaccinales.

IV.1.2 DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE MORTELLE (DMM) DE LA SOUCHE D'EPREUVE PPRV-CI

- 15 chèvres naines non vaccinées ont été réparties en trois lots après un tirage au sort;

Protocole expérimental

- 5 sujets ont reçu chacun 1 ml de la dilution 10^3 DICT₅₀/ml de la suspension virale par voie sous-cutanée,

- 4 sujets ont été inoculés avec la dilution $10^{2,5}$ DICT₅₀/ml par la même voie;

- 3 sujets avec la dilution 10^2 ;

- 3 sujets avec la dilution 10^1 .

Les animaux inoculés ont été mis en observation pendant 15 jours. La température rectale a été relevée chaque matin et les prises de sang ont été effectuées à jour J' + 3, J' + 7, J' + 15 (J' + x = jours comptés après l'épreuve virulente).

IV.2 EXPERIENCE N° 1 : DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE EFFICACE (DME) DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1

- animaux : 47 chèvres ont été utilisées dans le protocole ci-dessous décrit.
- vaccin homologue : le vaccin homologue anti-PPR 75/1 à tester, livré sous forme lyophilisée, titrait $10^{5.7}$ DICT₅₀/ml.

Ce vaccin a été reconstitué avec de l'eau physiologique et dilué de façon à obtenir les titres à tester suivants :

$10^{4.5}$ DICT₅₀/ml,
 $10^{3.5}$ " ,
 10^3 " ,
 $10^{2.5}$ " ,
 10^2 " ,
 $10^{1.5}$ " ,
 10^1 " .

- souche d'épreuve : la souche d'épreuve PPRV-CI-89/1-Véro4 a été utilisée à la dilution 10^3 DICT₅₀/ml.

Protocole expérimental (tableau 18)

- vaccination : 5 animaux par dilution à tester sauf la dilution 10^1 DICT₅₀/ml qui en concerne 4. Chaque animal est inoculé avec 1 ml de la suspension vaccinale par voie sous-cutanée.

Les 13 animaux restants sont réservés comme sujets contact et témoins d'épreuve.

- les animaux contact, non vaccinés, sont introduits auprès des vaccinés.
- après la vaccination, des relevés de température sont effectués sur tous les animaux pendant 6 jours, et des prélèvements de sang sont réalisés à J0, J+7, J+14, J+21 (J = jours comptés après la vaccination) sur les animaux vaccinés et les sujets contact.
- épreuve virulente : à J+22 (= J'0), chaque sujet vacciné, les animaux contact et les témoins sont éprouvés avec 1 ml de la souche virulente par voie sous-cutanée.
- après l'inoculation virulente, la température est prise pendant 14 jours et le sang est recueilli à J'+4, J'+7, J'+11.

**TABLEAU 18 : VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1 - EXPERIENCE N° 1 :
DME - PROTOCOLE EXPERIMENTAL**

LOT	TYPE ANIMAL	VACCINATION 1ml en sous-cutanée ($\text{DICT}_{50}/\text{ml}$ en \log_{10})	EPREUVE VIRULENTE 1 ml en sous cutanée ($\text{DICT}_{50}/\text{ml}$ en \log_{10})
1	5 chèvres vaccinées	4,5	3
	5 chèvres vaccinées	3,5	
	5 chèvres vaccinées	3	
	3 chèvres contact non vaccinées	0	
2	5 chèvres vaccinées	2,5	3
	5 chèvres vaccinées	2	
	5 chèvres vaccinées	1,5	
	3 chèvres contact non vaccinées	0	
3	4 chèvres vaccinées	1	3
	2 chèvres non vaccinées	0	
4	5 chèvres témoins non vaccinées	0	3

**IV.3 EXPERIENCE N°2 : INNOCUITE DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1
SUR LES FEMELLES GESTANTES**

Cette étude a été conduite dans deux ranches d'ovins situés dans le centre du pays: Béoumi et Toumodi.

Dans chaque élevage, à la mise-bas des brebis, les agnelles ont été retenues pour être suivies jusqu'à l'âge favorable de la reproduction sans subir la vaccination contre la PPR avec le vaccin hétérologue. Par la saillie naturelle assurée par des béliers du troupeau, ont été obtenues : 131 antenaises gestantes à Béoumi et 30 à Toumodi.

A quatre mois de gestation, toutes les femelles ont été vaccinées par voie sous-cutanée avec 1 ml de la suspension vaccinale titrant $10^3 \text{ DICT}_{50}/\text{ml}$.

Suivi des femelles vaccinées

Deux prises de sang sont effectuées : la première le jour de la vaccination (sérum du jour J0) et la deuxième à la mise-bas des brebis.

La température rectale a été prise tous les matins pendant six jours (y compris le relevé du jour de la vaccination).

Les animaux ont été gardés en observation jusqu'à la mise-bas.

IV.4 EXPERIENCE N°3 : ESSAI DU VACCIN HOMOLOGUE EN GRANDEUR NATURE SUR LE TERRAIN

IV.4.1 TROUPEAUX VILLAGEOIS

Des villages de la région forestière (Sud-Est et Ouest) dont les troupeaux n'ont jamais été vaccinés contre la PPR avec le vaccin hétérologue ont été choisis pour mener cette étude en vraie grandeur.

Deux types de villages ont été établis :

- village-test, dans lesquels les animaux ont reçu effectivement le vaccin homologue,
- village-témoin, où de l'eau physiologique a été injectée aux animaux.

Ces deux types de village ont été, si possible, alternés de sorte qu'un village-test soit suivi par un village-témoin.

Selon le même schéma d'exécution d'une campagne de vaccination, les paysans ont été prévenus la veille de l'arrivée de l'équipe de vaccination, et devaient maintenir attachés leurs animaux.

Le jour venu, nous sommes passés pour les vacciner par voie sous-cutanée, avec 1 ml du vaccin homologue reconstitué et dilué afin d'obtenir un titre de 10^3 DICT₅₀/ml. Tous les animaux du village ont été concernés par la vaccination.

Les animaux vaccinés sont marqués à l'oreille à l'aide d'une pince emporte-pièce en forme de trèfle.

La vaccination a été précédée d'une prise de sang (sérum du jour J0), effectuée uniquement sur les femelles : le suivi sérologique a duré 1 an (voire 2), et les mâles sortent plus rapidement du troupeau (vente, autoconsommation, sacrifice rituel, etc.). Chaque femelle du suivi sérologique a été en plus identifiée par une boucle portant un numéro spécifique.

Dans les villages-témoins, le même protocole a été suivi.

Des prélèvements de sang de contrôle ont été effectués dans les deux types de villages, 1 mois, 1 an, après le jour J0.

L'opération a permis de vacciner 9434 animaux et de retenir 11 017 autres comme témoins (*tableau 19*).

TABLEAU 19 : REPARTITION DES ANIMAUX VACCINES ET TEMOINS EN FONCTION DE LA REGION

REGIONS	ANIMAUX VACCINES	ANIMAUX TEMOINS
DIVO	583	880
VAVOUA	5138	9266
MAN	1003	871
BIN-HOUIN	2318	
DANANE	392	
TOTAL	9434	11 017

Signalons toutefois que 1579 animaux vaccinés et 2682 témoins de la région d'Agnibilékro ont été retirés du suivi, pour avoir reçu, un an après, le vaccin hétérologue par erreur.

Suivi sérologique des animaux

Animaux vaccinés

- 800 sérums ont été récoltés au jour J0,
- 180 sérums à J + 1 mois,
- 127 sérums à J + 1 an.

Animaux témoins

- 558 sérums ont été recueillis au jour J0,
- 123 sérums à J + 1 mois,
- 167 sérums à J + 1 an.

Mais le nombre d'animaux effectivement suivis depuis le jour J0 jusqu'au jour J + 1 an et retenus pour l'analyse sérologique est beaucoup plus faible (*tableau 20*) : chez les vaccinés, il passe de 170 sérums à J0 à 85 sérums à J + 1 an; chez les témoins, de 76 sérums à J0, il tombe à 8 sérums à J + 1 an. La différence (800 - 170 ou 558 - 76) correspond aux animaux saignés à J0 et qui n'ont plus été retrouvés ni à J + 1 mois ni à J + 1 an, constituant les "non-réponses" du suivi.

TABLEAU 20 : NOMBRE DE SERUMS RECUEILLIS DE JO A J + 1 AN ET RETENUS POUR L'ANALYSE

REGIONS	ANIMAUX VACCINES			ANIMAUX TEMOINS		
	JOUR J0	JOUR J+1 MOIS*	JOUR J+1 AN**	JOUR J0	JOUR J+1 MOIS*	JOUR J+1 AN**
DIVO	57	50	12	1	1	1
VAVOUA	107	107	67	75	75	7
MAN	6	5	6	0	0	0
TOTAL	170	162	85	76	76	8

(*) : Animaux saignés à J0 et retrouvés à J+1 mois.

(**) : " " " " " " " " à J+1+an.

IV.4.2 VACCINATION DANS LES ELEVAGES ENCADRES

Certains élevages encadrés par la SODEPRA Sud-Est ont reçu le vaccin homologue. Pour ne pas compliquer la tâche des vaccinateurs, à manipuler trois types de vaccin (vaccin homologue PPR, vaccin monovalent antiovipestique et vaccin bivalent peste bovine/PPCB pour les bovins du village), avec tous les risques que cela comporte, seul le vaccin homologue a été utilisé dans ces élevages. Mais le suivi sérologique n'a concerné que les jeunes animaux de l'année, qui en sont à leur première vaccination.

Cette campagne en élevages encadrés a touché 7550 animaux dont environ 20 p.100 de jeunes (soit 1510). Pour le suivi sérologique, nous avons recueilli 300 sérums sur deux ans (90 sérums la première année et 210 sérums la deuxième année, à raison de 10 animaux par troupeau. La collecte à l'an 2 intéressait encore les jeunes animaux d'1 an, qui ont été vaccinés lors des prélèvements à J + 1 an). Au passage un an après pour la récolte de sérums dans les villages-test et les élevages encadrés, des vaccinations ont été effectuées principalement sur les jeunes animaux de l'année. Ainsi 20 000 doses environ de vaccin homologue ont été distribuées, en tenant compte du taux de perte relativement élevé du fait du conditionnement de 200 doses par flacon de vaccin (pour la plupart des lots reçus).

IV.4.3 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES REGIONS DE L'ETUDE

Nous avons effectué une tournée générale de contrôle au mois d'août dans les différentes régions retenues pour l'essai du vaccin, afin de constater l'absence effective de foyers de PPR.

IV.5 EXPERIENCE N° 4 : DEVENIR D'UNE SOUCHE SAUVAGE DE PPRV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE OU HETEROLOGUE

- 27 chèvres ont été réparties en 6 lots (chacun dans un box différent) pour subir cette expérience après une période d'adaptation selon le protocole suivant (tableau 21) :

IV.5.1 VACCINATION

vaccin homologue anti-PPR 75/1

- 3 chèvres des lots 1 et 2 ont reçu 1 ml du vaccin titrant 10^3 DICT₅₀/ml par voie sous-cutanée.

vaccin hétérologue antibovipestique (RBOK)

- 3 chèvres des lots 3 et 4 ont été inoculées avec 1 dose vaccinale par voie sous-cutanée.

Les animaux témoins d'épreuve (lot 5 : 2 chèvres et lot 6 : 3 chèvres) et les sujets contact n'ont reçu aucun des deux types de vaccin.

IV.5.2 EPREUVE VIRULENTE

- 3 semaines plus tard, tous les animaux vaccinés et les témoins d'épreuve ont été inoculés avec 1 ml de la souche virulente titrant 10^3 DICT₅₀/ml par la voie sous-cutanée (lots 1, 3, 5) et par la voie oronasale (lots 2, 4, 6,).

L'épreuve virulente a été réalisée dans des boxes différents de ceux qui ont accueilli les animaux pendant la période d'observation; ils y ont été gardés pendant 1 heure avant d'être transférés dans leur box définitif.

Cette précaution supplémentaire a été prise pour éviter que l'éternuement, réflexe qui suit toute instillation nasale, ne projette des particules virulentes qui pourraient contaminer les sujets contact.

Dès lors, nous avons confié le suivi à trois personnes différentes : une pour les animaux vaccinés avec le vaccin homologue, une autre pour les animaux ayant reçu le vaccin hétérologue, et enfin une pour les témoins.

Une fois les animaux éprouvés remis dans leur box définitif, les sujets contact ont été introduits auprès des animaux vaccinés et des témoins d'épreuve selon le schéma ci-après :

- box 1 : 1 sujet contact, 1 heure après l'épreuve virulente;
- box 2 : 2 sujets contact, 1 heure après et 2 autres, 24 heures après l'épreuve virulente;
- box 3 et 4 (vaccin RBOK) : 1 sujet contact dans chaque box, 1 heure après;
- box 5 : 1 sujet contact, 1 heure après;
- box 6 : 1 sujet contact, 1 heure après et un 2ème, 24 heures après.

IV.5.3 SUIVI DES ANIMAUX

- la température rectale a été prise quotidiennement pendant 15 jours après la vaccination et 21 jours après l'épreuve virulente.

IV.5.4 PRELEVEMENTS

- le portage du virus a été vérifié sur les prélèvements suivants :

* voie oronasale : un écouvillonnage de tous les animaux a eu lieu tous les deux jours.

* sang : les animaux ont subi trois prises de sang par semaine : 1 prélèvement sanguin sur tube sec pour la récolte du sérum, et deux autres sur tube + anticoagulant pour isoler les lymphocytes à l'aide du Ficoll-PaqueND. Puis ils ont été mis en suspension dans du PBS.

* cadavre : à l'autopsie, la rate, le poumon et les ganglions ont été prélevés.

Tous ces prélèvements ont été identifiés, et conservés à -70°C pour la détection du portage viral par deux techniques de biologie moléculaire : sonde et PCR utilisant le gène N du PPRV.

TABLEAU 21 :

**VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR
EXPERIENCE N° 4 : PROTOCOLE EXPERIMENTAL**

TABLEAU 21

Lots	Phase de vaccination	Nombre d'animaux	Epreuve	
			Voie oronasale (ON)	Virulente Voie sous-cutanée (SC)
1	Vaccinés avec 1 ml de la souche PPR 75/1 Titre 10^3 DICT ₅₀ /ml par voie sous-cutanée	3	0	1 ml de la souche pathogène PPRV-CI titrant 10^3 DICT ₅₀ /ml
	Sujet contact non vacciné non éprouvé introduit 1 heure après l'épreuve virulente	1	0	0
2	Vaccinés avec 1 ml de la souche PPR 75/1 10^3 DICT ₅₀ par voie sous-cutanée	3	1 ml de la souche pathogène PPRV-CI titrant 10^3 DICT ₅₀ /ml	
	Sujet contact non vaccinés non éprouvés introduit 1 heure après	2		
	Sujets contact non vaccinés non éprouvés introduits 24 heures après	2	0	0
3	Vaccinés avec 1 dose du vaccin antibovipestique par voie sous-cutanée	3		1 ml de la souche pathogène PPR titrant 10^3 DICT ₅₀ /ml
	Sujet contact non vacciné non éprouvé introduit 1 heure après	1	0	0
4	Vaccinés avec 1 dose du vaccin antibovipestique par voie sous-cutanée	3	1 ml de la souche pathogène PPRV-CI titrant 10^3 DICT ₅₀ /ml	0
	Sujet contact non vacciné non éprouvé introduit 1 heure après	1	0	0

TABLEAU 21 (suite)

5	Témoins d'épreuve non vaccinés	2	0	1 ml de la souche pathogène PPR-CI titrant 10^3 DICT ₅₀ /ml
	Sujet contact non vacciné non éprouvé introduit 1 heure après	1	0	0
6	Témoins d'épreuve non vaccinés	3	1 ml de la souche PPR-CI titrant 10^3 DICT ₅₀ /ml	0
	Sujets contact non vaccinés non éprouvés introduits : 1 heure après : 24 heures après	1 1	0	0

Sujets contact : ils ne sont ni vaccinés ni éprouvés et sont introduits soit 1 heure après soit 24 heures après,
auprès des animaux éprouvés

IV.6 EXPERIENCE N° 5 : DEVENIR D'UNE SOUCHE VIRULENTE DE RPV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1

IV.6.1 ANIMAUX

- 11 chèvres de race locale ont été retenues à la suite d'une sérologie de contrôle pour vérifier l'absence d'anticorps anti-PPR ou antibovipestiques.
- 4 bovins d'un an d'âge environ, ayant subi le même contrôle ont été également retenus.

IV.6.2 VACCINATION

- 4 chèvres ont été tirées au hasard pour recevoir chacune 1 ml du vaccin homologue titrant 10^3 DICT₅₀/ml par voie sous-cutanée. Ces animaux ont été gardés en observation pendant 3 semaines.

IV.6.3 EPREUVE VIRULENTE

- 3 semaines plus tard, les 4 chèvres vaccinées et 4 autres chèvres non vaccinées (sujets témoins) ont été éprouvées par voie oronasale avec 1ml d'une suspension de la souche sauvage RPV SAUDI Véro2 titrant 10^4 DICT₅₀/ml.

Les précautions prises lors de l'expérience n°4 pour l'épreuve virulente (afin de ne pas contaminer les sujets contact) ont été de nouveau respectées.

- 24 heures après l'épreuve virulente, 2 chèvres contact et 2 bovins contact ont été introduits auprès des animaux vaccinés et éprouvés dans le bâtiment 1 puis 1 autre chèvre contact et 2 autres bovins contact ont été placés auprès des animaux témoins dans le bâtiment 2.

Le suivi des animaux dans les 2 bâtiments a été confié dès lors à deux personnes différentes (*tableau 22*).

IV.6.4 RELEVÉ DE TEMPERATURE

Après l'épreuve virulente la prise de température rectale s'est opérée de J' + 5 à J' + 24.

TABLEAU 22 : VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1 - EXPERIENCE N° 5 :
 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

BATIMENT	TYPE D'ANIMAL	N° ANIMAL	PHASE VACCINALE : 1ml à 10 ³ DICT ₅₀ /ml par voie sous-cutanée	PHASE EPREUVE : RPV-SAUDI, 1ml à 10 ⁴ DICT ₅₀ /ml par voie oro-nasale
1	chèvres vaccinées et éprouvées	1764	OUI	OUI
		1768		
		997		
		994		
	chèvres contact	1033	NON	NON
		279		
bovins contact	404	NON	NON	
	405			
2	chèvres témoins non vaccinées	1067	NON	OUI
		1037		
		960		
		695		
	chèvre contact	991	NON	NON
	bovins contact	406	NON	NON
373				

IV.6.5 PRELEVEMENTS

Les prélèvements de sang ont été effectués à :

- J + 22 : sur les chèvres vaccinées;
- J' + 15 : sur tous les animaux des 2 bâtiments;
- J' + 22 : sur les animaux contact du bâtiment 2: n° 373, n° 405, n° 991;
- J' + 24 : sur les animaux contact du bâtiment 1: n° 279, n° 1033, n° 404, n° 405.

Les prélèvements d'organes suivants ont été effectués sur les bovins contact :

- bovins contact : n° 373, agonisant et n° 406 ont été abattus à J' + 22 pour prélever leurs ganglions. A ce jour, tous les animaux du bâtiment 2 ont été sacrifiés.

Ces échantillons ont été mis en culture sur lignée cellulaire Véro.

Par contre les animaux vaccinés et éprouvés (bâtiment 1) ont été éliminés à J' + 24 sans procéder à un prélèvement d'organes.

La SNV a été employée pour analyser les sérums. La souche vaccinale PPR 75/1 utilisée comme antigène a permis de vérifier l'efficacité de la vaccination sur les 4 chèvres alors que les sérums recueillis après l'épreuve virulente ont été testés contre la souche vaccinale KABETE'O.

IV.7 METHODES D'ANALYSE

- Immunodiffusion en gélose : selon la méthode de WHITE pour la détection des antigènes PPRV (WHITE, 1958) (*annexe 16*).

- Culture de cellules primaires de reins de fœtus d'agneau (PALYA et al., 1991). Elle a servi aux essais de réisolement du PPRV des chèvres non vaccinées et éprouvées avec la souche virulente.

- Culture de lignée cellulaire Véro : en vue de l'isolement du PPRV et RPV et pour la séroneutralisation virale (SNV et SNVC).

- ELISA de compétition : pour la sérologie peste bovine et PPR : cf sous-chapitre I.5.2 ci-dessus.

CHAPITRE V : METHODE DE DIAGNOSTIC PAR LA TECHNIQUE DE POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR)

V.1 CHOIX DES AMORCES SPECIFIQUES

L'alignement des gènes N du RPV (KAMATA et al., 1991) et du PPRV (DIALLO et al., 1994) nous ont permis de choisir nos amorces et sondes dans la partie de faible homologie se situant dans la région 3'-terminale. Ainsi il a été déterminé :

pour le RPV, le couple d'amorces B12/B2 :

- B12 : 5'-CAA GGG GGT GAG ATC CAG CAC AA-3' (sens)
- B2 : 5'-ATC CTT GTC GTT GTA TGT TCT CGG-3' (inverse)

pour le PPRV, le couple d'amorces P1/P2 :

- P1 : 5'-TCT CCT TCC TCC AGC ATA AAA CAG AT-3' (sens)
- P2 : 5'-ACT GTT GTC TTC TCC CTC CTC CT-3' (inverse)

Des oligonucléotides ont été choisis à l'intérieur du fragment amplifié par chaque couple d'amorces spécifiques. Ce sont :

- pour le RPV : les oligonucléotides :

- SB1 : ACT CTG ATT GAT GTG GAC AC
- PBRS 1398 : CTA GCA GCA GGT CAG ACA GG

- pour le PPRV : l'oligonucléotide SP1 : CCC GGC CAA CTG CTT CCG

Ces oligonucléotides ont été marqués avec la Dig-11-dUTP selon la technique de BOERHINGER (Kit "DIG Oligonucleotide Tailing") pour en faire des sondes non radioactives.

V.2 EXTRACTION DE L'ARN VIRAL : METHODE RAPIDE DEVELOPPEE AU LABORATOIRE

V.2.1 PREPARATION DES ECHANTILLONS

V.2.1.1 A PARTIR D'UNE CULTURE CELLULAIRE INFECTEE

- 5 μ l d'une suspension cellulaire infectée à 2×10^6 cellules/ml,
- 95 μ l d'eau traitée au DEPC²¹,
- 200 μ l d'isothiocyanate de guanidium (GuSCN) 6M,

²¹Diéthylpyrocarbonate

V.2.1.2 A PARTIR D'UN PRELEVEMENT D'ORGANE

- broyer le prélèvement (poumon, ganglion, etc.) dans un broyeur électrique ou dans un mortier,
- ajouter 1 ml de PBS pH = 7,2 à 7,6 et centrifuger à 4000 rpm pendant 10 min puis prélever le surnageant,
- ajouter 100 μ l du surnageant à 200 μ l de GuSCN 6M,

V.2.1.3 A PARTIR D'UN ECOUVILLON

- la tige de l'écouvillon conservé à -70°C est débarrassée de son coton. Celui-ci est placé dans une seringue de 2,5 ml, puis 200 μ l de PBS y sont ajoutés. A l'aide du piston, le coton est comprimé pour en extraire le liquide dans un tube Eppendorf. L'opération aspiration et refoulement est recommencée plusieurs fois.
- 100 μ l sont repris pour l'extraction de l'ARN,

V.2.2 EXTRACTION DE L'ARN VIRAL

- au mélange : échantillon + GuSCN 6M, ajouter 10 μ l de RNaidND (kit OZYME),
- incuber ce mélange à la température ambiante sous agitation lente, en prenant soin de tapoter légèrement par moments le tube pour éviter que le RNaid ne sédimente,
- centrifuger à 2000 rpm pendant 2 min, puis rejeter le surnageant et laver 3 fois le culot remis en suspension avec 400 μ l de la solution de lavage (50 p.100 EtOH; 10 mM tris-HCl pH = 7,4-7,6; 1 mM EDTA; 50 mM NaCl) à chaque lavage. Après le dernier lavage, il est recommandé d'enlever toute trace de la solution de lavage, à l'aide d'une pipette Eppendorf,
- sécher le culot dans un dessiccateur,
- ajouter 30 à 75 μ l d'eau traitée au DEPC, agiter puis incuber à 55°C pendant 5 min : c'est l'élution²²,
- centrifuger à 10 000 rpm pendant 5 min et récupérer le surnageant qui contient l'ARN,
- ajouter 1 μ l de RNasineND (inhibiteur de la RNase) pour la conservation et stocker à -70°C.

V.3 DETERMINATION DES CONDITIONS OPTIMALES D'EXTRACTION DE L'ARN

V.3.1 TEMPS D'INCUBATION DE LA SUSPENSION VIRALE AVEC LE RNaid

Le mélange réactionnel ci-dessus préparé a été incubé à différents temps : 5 min, 10 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min, suivi chaque fois, de l'extraction de l'ARN.

²²Quand l'extraction de l'ARN est suivie immédiatement par la réaction de Reverse transcription, la dénaturation à 65°C pendant 10 min n'est plus nécessaire.

V.3.2 EXTRACTION EN MILIEU NaI OU EN MILIEU DE GuSCN

- la série A a reçu 200 μ l d'une solution de NaI 6M,
- la série B a reçu 200 μ l d'une solution de GuSCN 6M.

V.3.3 EXTRACTION EN MILIEU ACIDE OU SANS MODIFICATION DU pH DU MILIEU REACTIONNEL

L'étude a porté sur 2 séries de tubes :

- la série C n'a pas reçu d'acide acétique (pH normal).
- la série D a reçu 1,5 μ l d'une solution d'acide acétique à 10 p.100, pour obtenir un pH entre 4,5 et 5,5 (pH acide).

Après la phase d'éluion, 50 μ l de chaque type d'éluat ont été dilués au 1/2 avec du SSC 20X, dénaturés à 65°C pendant 10 min. Ces échantillons ont été déposés en dot-blot sur une membrane de nylon (Hybond).

Le cDNA obtenu du gène NRPV marqué par "random priming" au 32 P (kit Amersham) a servi de sonde radioactive pour l'hybridation et la détection de l'ARN extrait.

Deux autres séries E et F ont été préparées dans les mêmes conditions que les séries C et D mais avec des cellules Véro, témoins non infectés pour tester la spécificité de la sonde.

V.4 CULTURE DES SOUCHES DE RPV ET DE PPRV

Treize souches d'origine géographique différente : RBOK (Kenya), RPVL (Japon), Buffalo Nigeria, Egypte, RGK (Kenya), RBT/1 (Tanzanie), Sokoto (Nigeria), Irak, Liban, Pakistan, Pendik (Turquie), Saudi, Yémen, ont été mises en culture sur des cellules Véro. Puis 12 souches de PPRV également d'origine géographique différente : (75/1 sauvage (Nigeria), 75/1 vaccinale (Nigeria), Côte-d'Ivoire, Burkina-Faso, Egypte, République Centrafricaine (RCA), Sénégal, Ibris (Oman), Dorcas (Oman), Sinnar (Soudan), Mieliq (Soudan), Israël, ont été mises en culture sur la lignée cellulaire Véro.

Une boîte de T25 recevant 10 ml d'une suspension cellulaire à 25 000/ml en milieu MEM/EAGLE + 10 p.100 sérum foetal de veau (SFV) + 1 p.100 antibiotique (de chez GIBCO) a été infectée avec 200 μ l de chaque suspension virale donnée.

Une fois le tapis cellulaire complet et bien établi, nous avons diminué le SFV à 1 p.100 dans le milieu de culture. Tous les deux jours, ce milieu de culture a été remplacé par du milieu neuf.

La récolte des cellules infectées et du surnageant a été effectuée quand il apparaît plus de 50 p.100 de destruction du tapis cellulaire. Cette récolte a été conservée à -70°C jusqu'à l'extraction de l'ARN.

En moyenne, 1 400 000 cellules infectées/ml ont été ainsi obtenues par boîte de culture et 100 μ l de chaque suspension cellulaire ont été prélevés pour l'extraction

de l'ARN soit 140 000 cellules en vue d'extraire une grande quantité d'ARN. Chaque produit de l'extraction a été dilué en eau distillée et stérile et a été dosé au spectrophotomètre Beckman à 260 nm puis 1 μ l de chaque échantillon a servi à la réaction de RT-PCR.

V.5 REVERSE TRANSCRIPTION

Méthode employée

Ajouter dans le tube²³ à PCR les éléments suivants :

- solution d'ARN : 1 μ l,
 - eau traitée au DEPC : 6 μ l,
 - amorce1 à 250 ng/ μ l : 1 μ l,
 - amorce2 à 250 ng/ μ l : 1 μ l,
-

Agiter brièvement et centrifuger à 2000 rpm pendant quelques secondes, puis incuber à 65°C pendant 10 min. Plonger immédiatement les tubes de réaction dans de la glace, puis centrifuger comme ci-dessus.

Continuer en ajoutant :

- RNasineND (200 U/ml) : 1 μ l,
 - Bulk mix²⁴ (Pharmacia) : 5 μ l,
-

Agiter délicatement, centrifuger comme ci-dessus pour obtenir un mélange homogène et incuber à 37°C pendant 1 heure.

Puis centrifuger de nouveau les tubes et procéder à l'amplification de la séquence du cDNA spécifique.

Les contrôles suivants sont effectués :

- ** Un tube témoin de contrôle de la réaction de reverse transcription, dans lequel l'échantillon est remplacé par 1 μ l d'une solution de l'ARN purifié connue;
- ** Un tube témoin de contrôle de contamination, où l'échantillon est remplacé par de l'eau traitée au DEPC;
- ** Un tube témoin de contrôle négatif, où l'échantillon est remplacé par de l'ARN de cellule non infectée;
- ** Un tube témoin de contrôle de la spécificité des amorces où l'échantillon est remplacé soit par de l'ARN PPRV si l'échantillon est du RPV, soit par de l'ARN RPV si l'échantillon est du PPRV.

²³Les tubes Eppendorf de 500 μ l utilisés sont préalablement autoclavés à 120°C pendant 30 min.

²⁴I1 contient la Murine reverse transcriptase, les dNTP, l'inhibiteur de la RNase.

V.6 AMPLIFICATION GENIQUE

Dans les mêmes tubes, ajouter :

- tampon Taq polymérase 10X : 10 μ l,
- dNTP à 25 mM : 0,8 μ l,
- amorce1 à 250 ng/ μ l : 1 μ l,
- amorce2 à 250 ng/ μ l : 1 μ l,
- eau stérile : 71,2 μ l,

Agiter, centrifuger et incuber les tubes au bain-marie bouillant pendant 10 min. Les plonger immédiatement dans la glace pendant 5 min, les centrifuger et ajouter :

- Taq polymérase (BOEHRINGER) à 2,5 U/ μ l : 1 μ l,
- huile minérale²⁵ : 50 μ l.

Placer les tubes dans le thermocycleur pour le programme défini.

** Un tube témoin de contrôle de l'amplification est ajouté à cette étape dans lequel 1 μ l (< 1 μ g/ μ l) d'une solution connue de cDNA est introduite ainsi que les autres ingrédients de l'amplification.

V.7 PROGRAMME UTILISE POUR L'AMPLIFICATION GENIQUE

Le thermocycleur était de marque HYBAID.

- Hybridation à 60°C 1 min
- Elongation à 72°C 30 sec

RAMPING 3.0

- Dénaturation à 95°C..... 10 sec puis à 94°C 30 sec

5 cycles

- 55°C 1 min
- 72°C 30 sec
- 95°C 10 sec
- 94°C 30 sec

30 cycles

- 55°C 1 min
- 72°C 10 min
- 30°C 1 min

1 cycle

²⁵L'huile minérale a pour rôle d'éviter l'évaporation du milieu réactionnel.

V.8 ESSAI D'AMPLIFICATION DU GENE N DES SOUCHES CONNUES DU RPV

- 1 μ l de chaque échantillon de RPV a été engagé dans la réaction de RT-PCR en présence des amorces B12/B2.

V.8.1 RECHERCHE DE LA SPECIFICITE DES AMORCES DE RPV SUR LES SOUCHES DE PPRV

- 1 μ l de chaque échantillon de PPRV a été utilisé dans la réaction de RT-PCR en présence des amorces B12/B2.

V.9 ESSAI D'AMPLIFICATION DU GENE N DES SOUCHES CONNUES DE PPRV

- 1 μ l de chaque échantillon de PPRV a été testé contre les amorces P1/P2.

V.9.1 RECHERCHE DE LA SPECIFICITE DES AMORCES DE PPRV SUR LES SOUCHES DE RPV

Inversement, ces amorces P1/P2 ont été essayées sur les 13 souches hétérologues RPV en engageant 1 μ l de chacun de ces échantillons dans la réaction de RT-PCR.

V.10 RECONNAISSANCE DES PRODUITS DE PCR

Trois méthodes ont permis la caractérisation des produits d'amplification des gènes NRPV et NPPRV :

V.10.1 ELECTROPHORESE EN GEL D'AGAROSE

V.10.1.1 PREPARATION DES PRODUITS DE PCR

La réaction de PCR terminée, l'huile minérale est rejetée et la phase aqueuse (produit de PCR) reçoit 10 p.100 (v/v) de loading buffer (*annexe 19*). Pour la migration, 12 μ l sont déposés dans chaque puits.

V.10.1.2 PREPARATION DU GEL D'ELECTROPHORESE

Un gel d'agarose à 2 p.100 final (Seakem 1 p.100 + NuSieve 1 p.100 (agaroses FMC) dans du tampon TBE 1X (*annexe 19*) est dissous à chaud au bain-marie puis refroidi à 50°C. 3 μ l environ de bromure d'éthidium à 10 mg/ml sont ajoutés à 50 ml de gel d'agarose.

Le bromure d'éthidium permet la visualisation des fragments d'ADN à la lumière UV (ultra-violet) en s'intercalant entre les deux brins de l'ADN.

V.10.2 PROFIL DE RESTRICTION PAR UNE ENZYME SPECIFIQUE : RsaI

Les produits de PCR sont précipités selon la technique ci-dessous décrite puis une fraction du culot resuspendu dans l'eau est soumis à l'action de l'enzyme RsaI selon le protocole indiqué ci-dessous.

V.10.2.1 METHODE DE PRECIPITATION ET DE RESTRICTION DES PRODUITS D'AMPLIFICATION.

V.10.2.1.1 PRECIPITATION

- produit de PCR : 30 μ l
- acétate d'ammonium 4,5M : 7,5 μ l
- éthanol absolu froid : 90 μ l

Mélanger et incubé à -20°C pendant 2 heures ou à -70°C pendant 30 min;

Centrifuger à 12 000 g pendant 15 min, rejeter le surnageant;

Ajouter 100 μ l d'éthanol à 70 p.100 (v/v), centrifuger de nouveau, rejeter le surnageant, sécher le culot à l'aide d'une pompe à vide;

Reprendre le culot dans 20 μ l d'eau distillée.

V.10.2.1.2 RESTRICTION

Prélever 10 μ l qui serviront de témoin non digéré.

Sur les 10 μ l restant, ajouter :

- tampon L 10X : 2 μ l
- H₂O : 7 μ l
- enzyme RsaI 10 U/ μ l : 1 μ l

Incuber à 37°C pendant 1 heure;

Le produit est enfin soumis à une électrophorèse en gel d'agarose à 3 p.100 (Seakem 1,5 p.100 + NuSieve 1,5 p.100).

V.10.3 HYBRIDATION MOLECULAIRE A L'AIDE DE SONDAS NON RADIOACTIVES

Les deux oligonucléotides SB1 et PBRS 1398 ont été choisis à l'intérieur du fragment amplifié par les amorces B12/B2 du gène NRPV, pour servir de sondes internes, après marquage non radioactif.

La sonde oligonucléotidique SP1, non radioactive, dont l'oligonucléotide a été déterminée dans le fragment amplifié par le couple d'amorces P1/P2 est spécifique du gène NPPRV.

Les produits de PCR ont été transférés sur une membrane de nylon chargée positivement (BOEHRINGER) pendant 14 à 16 heures selon la technique de SOUTHERN (1975). Le tampon de transfert était une solution de SSC X10 ou de NaOH 0,4 N. Les produits d'amplification peuvent être déposés sur la membrane

selon la technique de dot-blot (AUSUBEL et al., 1993). La membrane de nylon a été ensuite séchée et fixée à la chaleur sèche à 80°C pendant 2 heures ou à l'UV (256 nm) pendant 5 min. La membrane est alors prête pour l'hybridation.

La méthode d'hybridation est décrite en *annexe 18*.

V.11 DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DE LA REACTION

V.11.1 A PARTIR DE L'ADNc LA SOUCHE RBOK

L'ADNc de la souche RBOK cloné dans le plasmide PUC a permis d'effectuer une série de dilutions de raison 10, en partant de 10 ng pour atteindre 10 fg/ μ l. Un μ l a été employé directement dans la réaction de PCR.

V.11.2 A PARTIR DE CELLULES INFECTEES AVEC LA SOUCHE SAUDI

A 50 p.100 d'ECP, les cellules ont été récoltées après trypsination et comptées. Le stock cellulaire de 1 400 000 cellules infectées/ml a permis de préparer une gamme de dilutions de progression géométrique de raison 10 : de 100 000 cellules/ μ l à 1 cellule/ μ l.

Dans le but d'extraire l'ARN et pour une plus grande précision, 10 μ l de la dilution immédiatement inférieure ont été prélevés (correspondant donc à 1 μ l de la dilution immédiatement supérieure). Après l'extraction, 1 μ l de l'éluat (élution effectuée avec 40 μ l d'eau traitée au DEPC) a été prélevé pour la réaction de RT-PCR.

V.11.3 A PARTIR DE L'ARN EXTRAIT DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHE RBOK OU PAR LA SOUCHE YEMEN

L'ARN RPV des souches RBOK et Yémen obtenu après extraction par la méthode au RNaid à partir de culture cellulaire, a été utilisé pour établir une gamme de dilutions, de progression géométrique de raison 10, allant de 10 ng à 10 fg/ μ l. Un μ l de chaque dilution a servi à la réaction de RT-PCR.

V.11.4 A PARTIR DU TRANSCRIT DU PRODUIT DE PCR

Le produit de PCR (amplifié par le couple P1/P2 du gène NPPRV) a été cloné dans le plasmide pGEM-T (de chez PROMEGA), dans le site β -Gal. Puis ce vecteur a été introduit dans la bactérie E. coli XL-BLUE. Après une culture de 24 heures à 37°C sur le milieu LB/AMPI/IPTG/X-GAL (*annexe 19*), les colonies blanches (contenant l'insert) ont été sélectionnées pour l'extraction de l'ADN plasmidique. Cet ADN plasmidique a été ensuite digéré par une enzyme, Not I pour être linéarisé de la façon suivante :

- ADN plasmidique (2,5 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$) :	2 μl
- Tampon H 10X (x 1 final) :	2 μl
- Not I :	2 μl
- Eau distillée :	14 μl

Total	20 μl

Le mélange a été agité et incubé à 37°C pendant 1 heure.

Le produit de digestion (ADN linéarisé) a été purifié au phénol-chloroforme (AUSUBEL et al., 1993).

Le culot purifié a été repris dans une solution de Tris-EDTA (TE) pH 8 puis dosé au spectrophotomètre à 260 nm.

- 4 μl de la suspension correspondant à 256 ng/ μl d'ADN plasmidique ont été prélevés pour la réaction de transcription in vitro (kit TEBU) comme suit :

Dans un tube Eppendorf ont été introduits dans l'ordre :

- Tampon T7/T3 10X :	2 μl (concentration finale 1X)
- ATP 100 mM :	1,5 μl
- CTP 100 mM :	1,5 μl (concentration finale 7,5 mM)
- GTP 100 mM :	1,5 μl
- UTP 100 mM :	1,5 μl
- Dithiothreitol 100 mM :	2 μl
- ADN plasmidique linéaire :	4 μl (correspondant à 1 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ environ)
- Ampliscribe T7 :	2 μl

Total :	20 μl

- Le mélange a été incubé à 37°C pendant 2 heures,

- 1 μl de DNase I - RNase-free a été ajouté au mélange ci-dessus et incubé à 37°C pendant 15 min pour digérer le reste d'ADN plasmidique,

- L'ARN synthétisé a été extrait par la méthode au RNaid (ou au phénol-chloroforme, v/v). L'ARN ainsi obtenu a servi, après dosage, à établir une gamme de dilutions de raison 10 : de 1 ng à 1 fg. Un μl de chaque dilution a été prélevé pour la réaction de RT-PCR.

PARTIE III
RESULTATS

Les résultats exposés dans cette partie se répartissent également en 5 chapitres:

- **CHAPITRE I** : Evaluation des campagnes de vaccination.
- **CHAPITRE II** : Evaluation économique des campagnes de vaccination.
- **CHAPITRE III** : Recherche de la circulation du virus bovipestique dans les autres espèces animales (animaux domestiques et sauvages).
- **CHAPITRE IV** : Développement d'un vaccin homologue anti-PPR 75/1.
- **CHAPITRE V** : Méthodes de diagnostic différentiel du virus bovipestique par PCR et par sondes froides.

Les principaux tableaux sont présentés dans le texte. L'annexe contient les tableaux complémentaires et la description de certaines techniques.

CHAPITRE I : EVALUATION DES CAMPAGNES DE VACCINATION

I.1 RESULTATS DES CAMPAGNES DE VACCINATION DE 1989, 1990, 1991

Globalement, en 3 campagnes de vaccination, 2 562 130 vaccinations ont été faites pour un effectif recensé cumulé de 3 313 392 bovins, soit 77,3 p.100 de couverture vaccinale. Ce taux brut n'a aucune signification statistique puisqu'il sous-estime largement la couverture vaccinale enregistrée en Côte-d'Ivoire. En revanche, la couverture vaccinale annuelle obtenue après chaque campagne de vaccination donne une image plus approchée de la population bovine effectivement vaccinée. Le taux spécifique est alors de :

- 84,2 p.100 en 1989 pour 1 062 498 bovins recensés,
- 90,1 p.100 en 1990 pour 1 122 856 bovins recensés,
- 58,1 p.100 en 1991 pour 1 128 038 bovins recensés.

Le taux réel de couverture vaccinale aurait été obtenu en rapportant le nombre d'animaux vaccinés au nombre d'animaux en âge d'être vaccinés (c'est-à-dire les animaux de 6 mois et plus) et non à la population totale. Cet écueil vient des agents de vaccination qui ont fait un recensement brut.

En 1991 étaient concernés les jeunes animaux de plus de 6 mois d'âge et les adultes portant une seule marque de trèfle à l'oreille.

Au bilan, 3 502 100 doses vaccinales (2 520 800 doses de vaccin bivalent et 981 300 doses de vaccin monovalent) ont été théoriquement utilisées pour la seule espèce bovine, réparties comme suit :

- 1989 : 1 145 000 doses de vaccin bivalent et 50 000 doses de vaccin monovalent,
- 1990 : 1 355 900 doses de vaccin bivalent,
- 1991 : 19 900 doses de vaccin bivalent et 931 300 doses de vaccin monovalent.

Les tableaux 23, 24 et 25 donnent la situation de la couverture vaccinale annuelle en fonction de la région géographique et du type de vaccin utilisé.

Les campagnes de vaccination de 1989 et de 1990 ont permis d'obtenir un haut taux de couverture vaccinale du cheptel bovin (84 p.100 et 90 p.100 respectivement). Cela a amené la DSV à modifier la stratégie de vaccination en 1991, en ne retenant que deux catégories d'animaux (les jeunes bovins de plus de 6 mois d'âge et les adultes portant une seule marque trèfle à l'oreille). La conséquence directe de cette bonne campagne de vaccination a été par contre le taux élevé de perte de vaccin : 26 p.100 pour la moyenne nationale.

**TABLEAU 23 : SITUATION DE LA VACCINATION CONTRE
LA PESTE BOVINE AU 31/12/1989 EN COTE-D'IVOIRE**

REGIONS	VACCIN		EFFECTIF: RECENSE- MENT 1989	VACCINATION		TAUX DE PERTE p.100 **
	TYPE	DOSES RECUES (x1000)		NOMBRE	p.100	
NORD	BI- VALENT	910	880 808	744 217	84,5	18,2
CENTRE	BI- VALENT	170	115 346	98 196	85,1	42,2
FORESTI- ERE	BI- VALENT	54	31 344	28 782	91,8	46,7
RANCH	MONO- VALENT	50	35 000	19 859	56,8	60,3
TOTAL		1195*	1 062 498	894 942	84,2	25,1

(*) : la différence de 11 000 doses (1 195 000 - 1 184 000) a été distribuée hors projets SODEPRA.

(**) : taux de perte théorique ne tenant pas compte des flacons de vaccin prélevés pour le contrôle de qualité des vaccins.

La couverture vaccinale est supérieure à 80 p.100 dans les trois régions avec près de 92 p.100 pour la région forestière. Les ranches enregistrent par contre un faible taux de couverture vaccinale.

Le taux de perte de vaccin varie de façon considérable d'une région à l'autre : 18 p.100 au Nord, près de 47 p.100 en région forestière. Les ranches font le plus fort taux de perte avec 60 p.100. Cette perte de vaccin est directement liée à la densité bovine, à la taille des troupeaux, à la professionnalisation des différents projets SODEPRA mais surtout aux instructions données aux vaccinateurs. La seule explication plausible au niveau des ranches serait une utilisation du vaccin reconstitué pendant un temps beaucoup plus court.

TABLEAU 24 : SITUATION DE LA VACCINATION CONTRE
LA PESTE BOVINE AU 31/12/90 EN COTE-D'IVOIRE

REGIONS	VACCIN		EFFECTIF: RECENSE- MENT 1990	VACCINATION		TAUX DE PERTE p.100 **
	TYPE	DOSES RECUES (x1000)		NOMBRE	p.100	
NORD	BIVA- LENT	1070	930 519	844 180	90,7	21,1
CENTRE	BIVA- LENT	155,5	120 788	108 896	90,2	30
FORES- TIERE	BIVA- LENT	68,9	36 474	30 251	82,9	56,1
RANCH	BIVA- LENT	50	35 075	25 759	73,4	48,5
TOTAL		1355,9*	1 122 856	1 011 468	90,1	25,4

(*) : la différence de 11 500 doses (1 355 900 - 1 344 400) a été distribuée hors projets SODEPRA.

(**) : idem tableau 23 ci-dessus.

La couverture vaccinale nationale est de 90 p.100 soit près de 6 p.100 de plus qu'en 1989. Cette amélioration vient essentiellement du bon résultat obtenu dans les ranches (bien qu'inférieur à la moyenne nationale).

Comme en 1989 le taux moyen de perte de vaccin reste élevé avec 25 p.100 représentant le 1/4 de la dotation totale en vaccin. Les raisons évoquées ci-dessus sont toujours valables.

TABLEAU 25 : SITUATION DE LA VACCINATION CONTRE LA PESTE BOVINE AU 31/12/1991 EN COTE-D'IVOIRE

REGIONS	VACCIN		EFFECTIF : RECENSE- MENT 1991	VACCINATION		TAUX DE PERTE p.100 **
	TYPE	DOSES RECUES (x1000)		NOMBRE	p.100	
NORD	MONO- VALENT	640	929 442	555 555	59,8	13,2
CENTRE	MONO- VALENT	162,8	126 827	44 364	35	72,7
FORES- TIERE	MONO- VALENT	61,5	36 769	30 251	82,3	50,8
RANCH	MONO- VALENT	45	35 000	25 550	73,0	43,3
TOTAL		951,2*	1 128 038	655 720	58,1	31,6

(*) : la différence de 42 000 doses (951 200 - 909 200) a été distribuée hors projets SODEPRA.

(**) : cf tableau 23 ci-dessus.

La population bovine vaccinée au cours de cette troisième année de campagne est nettement inférieure à celle des années précédentes soit 58 p.100 du cheptel recensé. Cette diminution de l'effectif vacciné s'explique essentiellement par un changement de stratégie de vaccination visant uniquement les jeunes animaux et les adultes portant une seule trèfle à l'oreille. Cette nouvelle stratégie adoptée est elle-même subordonnée à la bonne couverture vaccinale enregistrée lors des deux premières années.

Le taux moyen de perte de vaccin s'en ressent, en augmentation de près de 6 p.100. Une raison supplémentaire s'ajoute aux précédentes déjà évoquées pour expliquer ce résultat : seuls les vaccins monovalents (antibovipestique et antipéripneumonique) ont été utilisés. Le vaccinateur devait d'une part, repérer les animaux cibles pour la vaccination, d'autre part changer de seringue pour l'autre vaccin; ce qui diminue la conservation des vaccins reconstitués.

Le tableau 26 présente le taux annuel de perte de vaccin utilisé et la moyenne sur l'ensemble des 3 campagnes.

La perte estimée est obtenue en déduisant de la perte théorique, le nombre de doses prélevées pour le contrôle de qualité des vaccins.

La perte de vaccin sur l'ensemble du projet PARC-CI phase I est estimée à plus du 1/4 (26 p.100) du total de vaccin reçu. Ne connaissant pas le nombre de doses de vaccin restant dans les dépôts sur le terrain après chaque campagne, il n'est pas possible de calculer la perte réelle qui est sûrement inférieure à celle trouvée. Le maintien de la chaîne du froid sur le terrain est la principale garantie de l'efficacité d'une bonne campagne de vaccination. Il a pour conséquence immédiate la perte de doses de vaccin due au rejet du vaccin reconstitué ou du flacon entier.

TABLEAU 26: TAUX ESTIME DE PERTE DE VACCIN DURANT LE PROJET PARC-CI

ANNEE EVENEMENTS	1989	1990	1991	GENERAL
POPULATION VACCINEE	894 942	1 011 468	655 720	2 562 130
DOSES UTILISEES	1 195 000	1 355 900	951 200	3 502 100
PERTE THEORIQUE*	300 058	344 432	295 480	940 770
CONTROLE DE QUALITE DES VACCINS**	16 400	8950	5350	30700
PERTE ESTIMEE	283 658	335 482	290 130	910 070
TAUX DE PERTE ESTIMEE (p.100)	23,7	24,7	30,50	26

(*): perte théorique = doses utilisées - population vaccinée;

(**): contrôle de qualité des vaccins =
nombre de flacons de vaccin x 50 doses

1.2 RESULTATS DU CONTROLE DE LA CHAINE DU FROID ET DE LA QUALITE DES VACCINS

1.2.1 CONTROLE DE LA QUALITE DE LA CHAINE DU FROID

Ce contrôle, effectué pendant le prélèvement des échantillons de vaccin, a permis de constater le bon état de fonctionnement de l'ensemble du matériel de froid existant et le ravitaillement correct de certains centres reculés en barres de glace. Les pratiques du vaccinateur étaient également vérifiées : jeter le reste de vaccin reconstitué à la mi-journée, entourer la seringue d'un linge humide et la remettre dans la glacière à chaque temps mort.

Cette surveillance de la chaîne du froid a donné l'opportunité de déceler des faiblesses en certains points en matériel de froid (matériel en mauvais état, matériel en des lieux trop éloignés l'un de l'autre) qui ont été renforcés par du matériel neuf et par l'équipement de nouveaux dépôts.

1.2.2 CONTROLE DE LA QUALITE DES VACCINS

1.2.2.1 TITRAGE DE LA VALENCE PESTE BOVINE

Au cours des trois campagnes de vaccination, 502 titrages ont été effectués pour 614 flacons récoltés (112 flacons étaient en double (614 - 502)), soit 292 titrages pour la valence peste bovine (et 210 pour la valence PPCB). Aucun titre ne s'est révélé en dessous des normes de l'OIE/FAO, à savoir $10^{2.5}$ DICT₅₀/ml pour la valence peste bovine (PALYA et al., 1991; SYLLA, 1991) (*tableau 27*).

1.2.2.2 TEST DE PURETE ET DE STERILITE

Toutes les colorations de Gram et de Giemsa, réalisées sur la suspension vaccinale de chaque flacon, ont montré la pureté des différents lots de vaccin. De même, les milieux de culture ensemencés sont restés négatifs, prouvant la stérilité des vaccins pour la valence peste bovine.

1.2.2.3 TEST D'INNOCUITE SUR SOURIS

Toutes les souris inoculées avec la suspension vaccinale sont restées vivantes prouvant ainsi l'innocuité des lots de vaccin reçus.

1.2.2.4 CONTROLE DU VIDE A L'INTERIEUR DU FLACON

Tous les flacons de vaccin contrôlés étaient sous vide.

Nous avons observé que les vaccins étaient constamment sous froid. Le titrage des flacons de vaccin prélevés aux différents points de la chaîne du froid, a révélé des titres toujours supérieurs à $10^{2.5}$ DICT₅₀/ml pour la valence peste bovine.

TABLEAU 27 : RESULTATS OBTENUS SUR 292 TITRAGES DE LA VALENCE PESTE BOVINE
(DICT₅₀/ml exprimés en log₁₀)

TYPE VACCIN	NUMERO LOT	Ph. vét.*	ZONE**	SECTEUR**	TERRAIN**	DIFFERENCE
MONOVALENT	15	3,5	3,1-4,0		2,7-3,1	0,4-0,8
	21	3,5	2,6-3,2	3,9-4,4	2,8-3,2	0,3-0,7
	82	3,9			3,0-3,5	0,5-0,9
	230	4,68	4,0-4,6	3,3-3,9	3,5-4,5	0,18-1,18
	30	3,5	3,0-4,0		3,3-3,5	0,0-0,2
	237	3,9	3,2-3,8		3,1-3,7	0,2-0,8
	234	4,1	3,8-4,4		3,9-4,1	0,0-0,2
	363	4,1			3,5-3,9	0,2-0,6
	31	3,5				
	32	2,5				
BIVALENT	342	4,1	3,7-4,2	3,7-3,9	3,7-4,1	0,0-0,4
	345	3,9		3,7-4,1	3,1-3,9	0,0-0,8
	364	4,3		3,1-3,8	3,1-4,1	0,2-1,2
	255	4,5	3,7-4,5	3,6-4,5	3,7-4,1	0,4-0,8
	259	4,16	3,2-4,2		3,3-3,9	0,26-0,86
	268	4,37	3,6-4,2	3,5-4,3	3,3-4,1	0,27-1,07
	269	4,16	3,2-4,2		3,3-3,9	0,26-0,86
	270	4,5		3,9-4,9		
	272	3,8	3,7-4,0	3,4-4,0	3,4-3,9	0,0-0,4
	273	4,0	3,8-4,3	3,5-4,0	3,3-4,0	0,0-0,7
	341	4,1			3,3-3,9	0,2-0,8
	348	4,5				
	356	4,5				
	260	4,1	3,9-4,1		3,7-4,1	0,0-0,4
	264	3,9	3,7-4,1		3,3-3,9	0,0-0,6

Intervalle de confiance : titre indiqué \pm 0,5 pour 5 cupules par dilution (COCHRAN, 1950).

(*) : Pharmacie centrale vétérinaire (Abidjan).

(**) : Les valeurs indiquées représentent la borne inférieure et la borne supérieure de l'intervalle pour chaque série de titrage.

I.3 EVALUATION DE L'IMMUNITE POST-VACCINALE ANTIBOVIPESTIQUE

I.3.1 VALIDATION DU TEST ELISA INDIRECT POUR LA SEROLOGIE POST-VACCINALE

L'analyse des 600 sérums par les techniques d'ELISA indirect et de séroneutralisation virale a donné les résultats qui figurent dans *le tableau 28*.

TABLEAU 28 : EVALUATION DU TEST ELISA INDIRECT

		SERONEUTRALISATION		TOTAL
		POSITIF	NEGATIF	
ELISA INDIRECT	POSITIF	207	10	217
	NEGATIF	15	368	383
	TOTAL	222	378	600

- Spécificité relative de l'ELISA indirect = 97,4 p.100 (368/378)
- Sensibilité relative de l'ELISA indirect = 93,2 p.100 (207/222)
- Kappa²⁶ = 0,91 (ce paramètre exprime le degré de concordance entre deux tests). Le détail de ce calcul se trouve à l'annexe 12.

Les valeurs de ces paramètres (sensibilité, spécificité, kappa) sont très satisfaisantes pour autoriser l'utilisation de ce test.

I.3.2 DETERMINATION DU SERUM NEGATIF LOCAL DE REFERENCE

Un premier lot de 205 sérums a été analysé en ELISA : 35 sérums ont été positifs. Les 170 sérums négatifs repris, en séroneutralisation, ont donné 3 sérums positifs (absence d'un effet cytopathogène à la dilution 1/10, donc contenant une activité neutralisante vis-à-vis du virus bovipestique).

Les sérums positifs ont été alors écartés pour ne conserver que les 167 sérums négatifs (ne contenant aucune activité neutralisante vis-à-vis du virus bovipestique). Ces derniers ont été de nouveau testés en ELISA. Les résultats obtenus figurent dans *le tableau 29*.

La figure 12 présente la distribution du nombre de sérums par classe de DO. Le pic se situe au niveau de l'intervalle (0,05-0,1). La moyenne des DO $X_{(0,00-0,2)} = 0,087 \pm 0,0045$ ($\alpha = 5$ p.100).

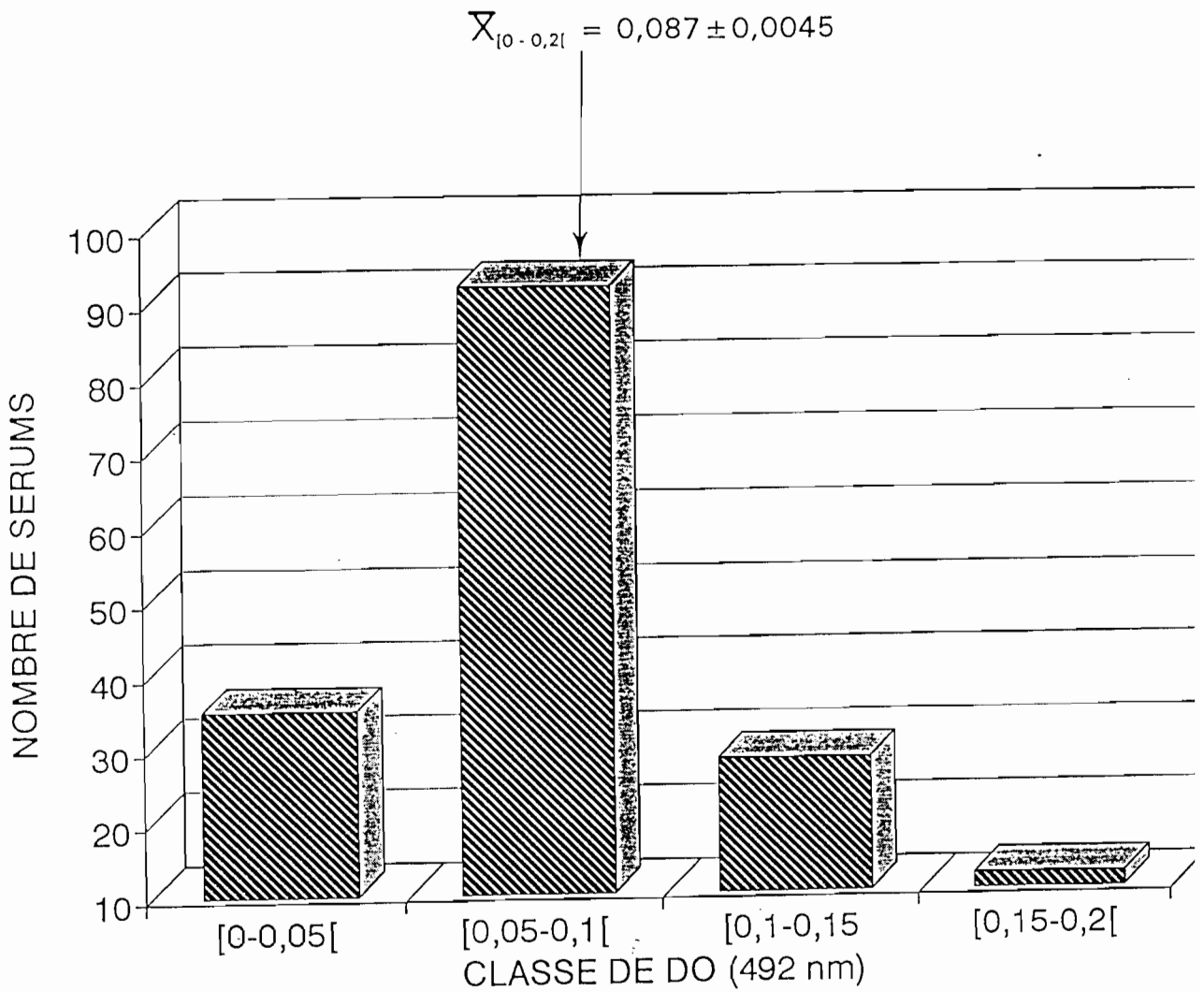
26

Calcul de Kappa =
$$\frac{\text{concordance observée} - \text{concordance due au hasard}}{1 - \text{concordance due au hasard}}$$

TABLEAU 29 : RESULTATS ELISA OBTENUS SUR 167 SERUMS
NEGATIFS EN SNV

DO (nm)	[0-0,05[	[0,05-0,1[	[0,1-0,15[	[0,15-0,2[
NOMBRE DE SERUMS	35	92	28	12

Fig. 12 DETERMINATION DU SERUM NEGATIF LOCAL DE REFERENCE



Le sérum négatif local de référence a donc pour DO : $0,087 \pm 0,0045$. Dans la technique ELISA peste bovine, le seuil de positivité est égal au double de la DO du sérum négatif (ANDERSON et al., 1983). Ce seuil est donc, pour la Côte-d'Ivoire, de 0,174 (= $0,087 \times 2$).

I.3.3 SEROLOGIE POST-VACCINALE DU CHEPTEL NATIONAL BOVIN

L'échantillon est d'abord décrit, puis analysé par le test ELISA. Les taux d'immunité sont donnés sous forme de pourcentages (avec l'intervalle de confiance à 5 p.100). De plus, pour mettre en évidence des différences ou des similitudes au sein du même échantillon ou d'une année à l'autre, les résultats obtenus sont comparés par la méthode de Khi-2 (au risque $\alpha = 5$ p.100).

I.3.3.1 DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON DE 1989/90

Le descriptif de l'échantillon révèle que le nombre de sérums prélevés sur les femelles (4078 sérums) est supérieur à celui obtenu sur les mâles (1982 sérums). En effet les mâles sortent très tôt du troupeau pour plusieurs raisons : vente, autoconsommation, cérémonies rituelles, etc.

Les animaux dont la marque à l'oreille est inconnue représentent seulement 0,63 p.100 (38/6030), signifiant que les équipes de collecte de sérums ont recueilli avec soin les informations nécessaires sur chaque animal. Par contre 1572 animaux (822 femelles et 750 mâles) soit 26 p.100 de l'échantillon ne portaient aucune marque à l'oreille.

Le taux d'animaux marqués est l'un des paramètres d'appréciation de l'efficacité du vaccinateur.

Les tableaux 30A, 30B, 30C présentent, pour chaque région, la répartition des sérums en fonction du sexe, de la classe d'âge, du type d'élevage et de la marque à l'oreille.

Le tableau 30D donne la répartition des sérums en fonction des mêmes paramètres pour l'échantillon total.

TABLERAU 30
NOMBRE DE SERUMS RECOLTES DANS LA REGION NORD : ANNEE 1989/90

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
A Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
	Non	SOUS-TOTAL	212	46	30	24	312	246	58	13	0	317
	Oui	SOUS-TOTAL	144	366	436	681	1627	124	263	226	37	650
Transhumant	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	3	1	0	4	0	0	0	0	0
	Non	SOUS-TOTAL	217	75	15	19	326	184	69	19	3	275
	Oui ¹	SOUS-TOTAL	50	213	342	469	1074	50	130	112	13	305

NOMBRE DE SERUMS RECOLTES DANS LA REGION CENTRE : ANNEE 1989/90

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
B Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	13	3	0	0	16	7	7	0	0	14
	Non	SOUS-TOTAL	46	17	5	3	71	50	7	0	0	57
	Oui	SOUS-TOTAL	9	61	80	111	261	5	35	35	9	84

NOMBRE DE SERUMS RECOLTES DANS LA REGION FORESTIERE : ANNEE 1989/90

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
C Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
	Non	SOUS-TOTAL	75	30	2	6	113	74	23	4	0	101
	Oui	SOUS-TOTAL	0	47	89	135	271	3	62	58	25	148

NOMBRE TOTAL DE SERUMS RECOLTES EN 1989/90

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
D Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	13	3	0	3	19	8	7	0	0	15
	Non	SOUS-TOTAL	333	93	37	33	496	370	88	17	0	475
	Oui	SOUS-TOTAL	153	474	605	927	2159	132	360	319	71	882
Transhumant	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	3	1	0	4	0	0	0	0	0
	Non	SOUS-TOTAL	217	75	15	19	326	184	69	19	3	275
	Oui	SOUS-TOTAL	50	213	342	469	1074	50	130	112	13	305

I.3.3.2 TAUX GLOBAL DE L'ANNEE 1989

L'évaluation de l'immunité post-vaccinale antibovipestique de la campagne de vaccination 1989 a donné, pour l'ensemble du pays, 4795 séropositifs pour 6030 sérums analysés par ELISA indirect, soit un taux brut de $79,5 \pm 1,02$ p.100. En donnée corrigée, tenant compte de la structure moyenne des troupeaux (KODJO, 1989; ATSE, 1992), le taux standardisé est de $82,6 \pm 0,06$ p.100 (tableau 34). Les tableaux 31A, 31B, 31C donnent, pour chaque région, la séropositivité en fonction de la classe d'âge et du type d'élevage.

Les annexes 20.1, 20.2, 20.3, 20.4 exposent le détail.

**TABLEAU 31: REPARTITION DES SEROPOSITIFS EN FONCTION DE LA CLASSE D'AGE, DU TYPE D'ELEVAGE ET DE LA REGION :
ANNEE 1989**

A Région Nord

SEDENTAIRE				
	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	>3 ans
EFFECTIF	727	733	705	743
POSITIFS	477	620	655	665
p.100	66	85	93	89
TRANSHUMANT				
EFFECTIF	501	490	489	504
POSITIFS	248	360	420	432
p.100	49	73	86	86
TOTAL				
EFFECTIF	1128	1223	1194	1247
POSITIFS	725	980	980	1097
p.100	59	80	90	88

B Région Centre

	SEDENTAIRE			
	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	>3 ans
EFFECTIF	130	130	120	123
POSITIFS	70	115	116	118
p.100	54	88	96	96

C Région forestière

	SEDENTAIRE			
	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	>3 ans
EFFECTIF	152	162	153	168
POSITIFS	70	134	147	149
p.100	46	83	96	89

Sur l'échantillon total

une différence significative apparaît entre :

- animaux sédentaires et transhumants;
- animaux marqués et non marqués;
- régions Nord, Centre et Forestière;
- classes d'âge 0-1, 1-2, 2-3 et >3 ans;
- sexe femelle et mâle.

Sur le sous-échantillon Sédentaire de l'échantillon total

pour le sexe femelle :

une différence significative est observée entre :

- animaux marqués et non marqués,
- classes d'âge.

Par contre cette différence n'est plus significative entre les trois régions (probabilité = 0,077 pour un degré de liberté (ddl) = 2.

pour le sexe mâle :

comme ci-dessus. Mais l'acceptation de l'hypothèse nulle pour le test entre les trois régions donne une probabilité de 0,377 (ddl = 2).

Sur le sous-échantillon Transhumant de l'échantillon total
pour les sexes femelle et mâle : comme le type sédentaire.
(en 1989 était concerné uniquement le Nord).

A l'intérieur de chaque région

Région Nord

- type Sédentaire (sexe femelle et mâle) :

La différence est significative entre :

- animaux marqués et non marqués;
- classes d'âge.

- type Transhumant (sexe femelle et mâle) :

comme ci-dessus.

Région Centre

comme pour la région Nord (mais il y a un seul type d'élevage : sédentaire).

Région Forestière

comme pour la région Centre.

Cette évaluation révèle que la classe d'âge 0-1 an a le taux de couverture immunitaire le plus bas avec 57 p.100 pour l'ensemble du pays. La plupart de ces animaux, trop jeunes à la période de la vaccination, n'ont pas été vaccinés. Au delà de 1 an, ce taux devient supérieur à 80 p.100 suite à la vaccination annuelle.

Il ressort de l'analyse statistique que la protection est meilleure : dans l'élevage sédentaire, chez les animaux marqués (parce que vaccinés), dans les trois dernières classes d'âge (1-2 ans, 2-3 ans, > 3 ans) et chez les femelles.

La région Centre avec 83 p.100 de positifs enregistre le plus fort taux d'immunité.

1.3.3.3 DESCRIPTIF DE L'ECHANTILLON DE 1990/91

Les tableaux 32A, 32B, 32C décrivent, pour chaque région, la répartition des sérums en fonction du sexe, de la classe d'âge, du type d'élevage et de la marque à l'oreille.

Le tableau 32D donne la répartition des sérums de l'échantillon en fonction des mêmes paramètres.

L'échantillon de 1990/91 comprend 2815 femelles pour 1261 mâles. Les mêmes raisons évoquées ci-dessus expliquent cette disproportion. Le nombre d'animaux dont la marque à l'oreille est inconnue s'élève à 287 soit 7 p.100 contre 0,63 p.100 en 1989 alors que le taux d'animaux non marqués tombe à 12 p.100 soit une amélioration de 14 p.100. Les ranches ne sont pas pris en compte parce que leurs bovins ne portent pas de marque.

I.3.3.4 TAUX GLOBAL DE L'ANNEE 1990

L'analyse par le test ELISA indirect a porté sur 4076 sérums, dont 3436 se sont révélés positifs, soit un taux brut de $84 \pm 1,12$ p.100. La correction donne un taux standardisé de $87 \pm 0,06$ p.100 (*tableau 34*).

Les tableaux 33A, 33B, 33C exposent, pour chaque région, la répartition des sérums positifs en fonction des mêmes paramètres.

Les annexes 21.1, 21.2, 21.3, 21.4 donnent le détail.

Sur l'échantillon total

Une différence significative apparaît entre :

- animaux marqués et non marqués;
- type d'élevage : ranch, sédentaire, transhumant;
- régions : Nord, Centre, Forestière;
- classes d'âge;
- sexe : femelle, mâle.

Sur le sous-échantillon Ranch

pour les sexes femelle et mâle :

Une différence significative existe entre :

- région : Nord, Forestière;
- classes d'âge.

Il n'y a pas de différence significative entre animaux marqués et non marqués.

Sur le sous-échantillon Sédentaire

comme ci-dessus.

Sur le sous-échantillon Transhumant

comme ci-dessus.

A l'intérieur de chaque région

Région Nord

- type Ranch :

sexe femelle :

une différence significative est révélée entre animaux marqués et non marqués et entre classes d'âge.

sexe mâle :

la différence apparaît entre classes d'âge mais non entre animaux marqués et non marqués (probabilité = 0,4).

TABIEAU 32

NOMBRE DE SERUMS RECOLTES DANS LA REGION NORD : ANNEE 1990/91

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
Ranch	Non	SOUS-TOTAL	107	93	98	132	430	75	63	27	0	165
	Oui	SOUS-TOTAL	0	112	98	115	325	0	7	13	4	24
Sédentaire	Non	SOUS-TOTAL	26	23	0	3	52	22	23	0	0	45
	Oui	SOUS-TOTAL	3	158	35	48	244	0	116	15	2	133
Transhumant	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Non	SOUS-TOTAL	28	26	0	0	54	23	34	3	0	60
	Oui	SOUS-TOTAL	39	205	60	76	380	8	118	22	13	161

NOMBRE DE SERUMS RECOLTES DANS LA REGION CENTRE : ANNEE 1990/91

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	7	29	6	1	43	13	29	9	1	52
	Non	SOUS-TOTAL	23	33	1	5	62	34	33	1	0	68
	Oui	SOUS-TOTAL	13	77	50	91	231	11	44	10	7	72
Transhumant	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Non	SOUS-TOTAL	14	9	3	0	26	16	4	0	0	20
	Oui	SOUS-TOTAL	0	11	19	27	57	0	5	8	3	16

NOMBRE DE SERUMS RECOLTES DANS LA REGION FORESTIERE : ANNEE 1990/91

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
Ranch	Non	SOUS-TOTAL	129	40	0	89	258	38	0	0	0	38
Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	142	0	0	142	0	48	0	0	48
	Non	SOUS-TOTAL	1	65	1	0	67	2	42	0	1	45
	Oui	SOUS-TOTAL	12	406	13	13	444	3	299	4	6	312

NOMBRE TOTAL DE SERUMS RECOLTES EN 1990/91

TYPE	MARQUE		SEXE									
			FEMELLES					MALES				
			CLASSES D'AGE					CLASSES D'AGE				
1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	TOTAL			
Ranch	Non	SOUS-TOTAL	236	133	98	221	688	113	63	27	0	203
	Oui	SOUS-TOTAL	0	112	98	115	325	0	7	13	4	24
Sédentaire	Inconnu	SOUS-TOTAL	7	171	6	1	185	13	77	9	1	100
	Non	SOUS-TOTAL	50	121	2	8	181	58	98	1	1	158
	Oui	SOUS-TOTAL	28	641	98	152	919	14	459	29	15	517
Transhumant	Inconnu	SOUS-TOTAL	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	Non	SOUS-TOTAL	42	35	3	0	80	39	38	3	0	80
	Oui	SOUS-TOTAL	39	216	79	103	437	8	123	30	16	177

TABLEAU 33: REPARTITION DES SEROPOSITIFS EN FONCTION DE LA CLASSE D'AGE, DU TYPE D'ELEVAGE ET DE LA REGION : ANNEE 1990

A Région Nord

RANCH				
	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	>3 ans
EFFECTIF	192	275	236	251
POSITIFS	84	173	212	215
p.100	44	63	90	86
SEDENTAIRE				
EFFECTIF	51	320	50	53
POSITIFS	32	258	50	53
p.100	63	81	100	100
TRANSHUMANT				
EFFECTIF	98	384	85	89
POSITIFS	71	307	77	85
p.100	72	80	91	96
TOTAL				
EFFECTIF	331	979	371	393
POSITIFS	187	738	339	353
p.100	56	75	91	90

- type Sédentaire :

sexe femelle et mâle :

La différence existe entre animaux marqués et non marqués d'une part, entre classes d'âge d'autre part.

- type Transhumant :

sexe femelle et mâle :

comme le type sédentaire.

B Région Centre

SEDENTAIRE				
	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	>3 ans
EFFECTIF	101	245	77	105
POSITIFS	72	219	75	104
P.100	71	89	97	99
TRANSHUMANT				
EFFECTIF	30	30	30	30
POSITIFS	22	28	25	30
p.100	73	93	83	100
TOTAL				
EFFECTIF	131	275	107	135
POSITIFS	94	247	100	134
p.100	72	90	93	99

C Région Forestière

RANCH				
	0-1 an	1-2 ans	2-3 ans	>3 ans
EFFECTIF	167	40		89
POSITIFS	154	40		84
p.100	92	100		94
SEDENTAIRE				
EFFECTIF	18	1002	18	20
POSITIFS	17	912	18	19
p.100	94	91	100	95
TOTAL				
EFFECTIF	185	1042	18	109
POSITIFS	171	952	18	103
p.100	92	91	100	94

Région Centre

- type Sédentaire :

sexe femelle et mâle :

comme le type sédentaire de la région Nord.

- type Transhumant :

sexe femelle :

comme le type sédentaire ci-dessus.

sexe mâle :

le nombre limité de valeurs dans cette catégorie d'animaux n'a pas permis de faire l'analyse.

Région Forestière

- type Ranch :

sexe femelle :

la différence existe entre les classes d'âge. Les valeurs sont trop peu nombreuses pour permettre l'étude de la marque à l'oreille.

sexe mâle :

trop peu de valeurs pour permettre l'étude des deux paramètres, marque à l'oreille et classes d'âge, en fonction du résultat de la sérologie post-vaccinale.

- type Sédentaire :

sexe femelle :

La différence existe entre les animaux marqués et non marqués. Trop peu de valeurs pour la comparaison entre classes d'âge.

sexe mâle :

comme le sexe mâle du type Ranch.

L'évaluation de 1990 confirme les conclusions tirées de celle de 1989. En effet la tranche d'âge 0-1 an demeure la plus faiblement protégée avec 70 p. 100 malgré une amélioration de 13 p. 100. Les ranches introduits dans l'échantillon ont un taux global de couverture immunitaire inférieur (78 p. 100) à la moyenne nationale (87 p. 100) (sédentaire + transhumant).

Le tableau 35 présente la couverture immunitaire obtenue au niveau des troupeaux à l'issue de chacune des deux évaluations de l'immunité post-vaccinale.

Prenant comme seuil de protection du troupeau un taux de couverture immunitaire de 80 p.100, le niveau global immunitaire du cheptel bovin s'est amélioré de 16 p.100 d'une année à l'autre, passant de 58 p.100 en 1989 à 74 p.100 en 1990.

Cette amélioration est également observée au niveau régional :

la couverture immunitaire varie d'une région à l'autre et d'une année à l'autre :

	1989 (p.100)	1990 (p.100)
- région Nord	49	57
- région Centre	69	83
- région Forestière	68	91

I.3.3.5 TAUX GLOBAL DE L'ANNEE 1991

Pour 1231 sérums récoltés, 892 sont positifs, soit $72 \pm 2,5$ p.100. Il ressort que les tranches d'âge 0-1 et 1-2 ans ont une couverture très faible surtout dans le centre de Noronigué. Les animaux de plus de 2 ans sont correctement protégés. Le taux moyen de couverture immunitaire sur l'ensemble des ranches a chuté de 5 p.100 par rapport à 1990 (77 p.100) dû principalement au recul du centre de Noronigué (*tableau 36*).

I.3.4 SEROLOGIE POST-VACCINALE DES ANIMAUX ETRANGERS

Le tableau 37 présente les résultats obtenus sur les bovins transhumants et le bétail de commerce d'origine étrangère.

Les postes d'entrée sont plus nombreux à la frontière ivoiro-malienne expliquant la taille de l'échantillon plus grand des animaux en provenance du Mali.

Les animaux transhumants venant du Mali et du Burkina-Faso ont une couverture immunitaire supérieure à 80 p.100. Cependant les sérums de même origine obtenus au marchés à bétail d'Abidjan montrent un faible taux de séropositifs : 64 p.100 et 68 p.100 respectivement.

Il semble que les sérums récoltés au niveau des postes d'entrée proviennent d'animaux frontaliers qui sont en général correctement vaccinés. Au marché à bétail arrivent surtout des animaux de l'intérieur des pays sahéliens.

La frontière avec la Guinée mérite une surveillance accrue bien que le transit commercial reste très faible. Ces animaux desservent uniquement la région frontalière.

TABLEAU 34 : CALCUL DU TAUX STANDARDISE GLOBAL DE SEROLOGIE POSITIVE : ANNEES 1989 ET 1990

CLASSES D'AGE	ANIMAUX p.100 DANS LA CLASSE D'AGE	POPULATION DE REFERENCE		SERUMS POSITIFS p.100		NOMBRE DE POSITIFS THEORIQUES	
		1989	1990	1989	1990	1989	1990
3MOIS-1 AN*	21,78-7= 14,78	157 037	165 958	57,28	69,81	89 951	115 938
1 - 2 ANS	18,2	193 375	204 360	81,12	84,36	156 866	172 398
2 - 3 ANS	14,95	158 843	167 867	91,21	92,14	144 881	154 673
> 3 ANS	45,07	478 686	506 071	88,69	92,62	424 708	468 723
TOTAL	93	918 123	1 044 256			816 406	911 732
TAUX STANDARDISE p.100						82,6 ± 0,07	87,3 ± 0,06

Nombre de positifs théoriques : nombre d'animaux dans la population de référence x pourcentage de sérums positifs observés dans la classe d'âge.

(*) : Les prélèvements sanguins ne sont pas effectués sur les veaux de moins de 3 mois d'âge.

TABLEAU 35 : COUVERTURE IMMUNITAIRE DES TROUPEAUX BOVINS EN FONCTION DES REGIONS ET DE L'ANNEE EN COTE-D'IVOIRE

		ANNEE 1989							
REGIONS	p.100	[30-40[	[40-50[	[50-60[	[60-70[	[70-80[	[80-90[	[90-100[	TOTAL
NORD		2	2	9	19	24	28	42	126
CENTRE					2	2	5	4	13
FORESTIERE				1	1	5	8	7	22
SOUS-TOTAL		2	2	10	22	31	41	53	161
		ANNEE 1990							
NORD			6	4	5	8	8	23	54
CENTRE						3	7	8	18
FORESTIERE					3	1	7	32	43
SOUS-TOTAL			6	4	8	12	22	63	115
TOTAL GENERAL		2	8	14	30	43	63	116	276

TABEAU 36 : REPARTITION DES SEROPOSITIFS EN FONCTION DE LA CLASSE D'AGE ET DE L'ORIGINE : ANNEE 1991

REGIONS	AGE (an)	NOMBRE SERUMS	NOMBRE POSITIFS	p.100
BADIKAHA	0 - 1	54	28	52
BADIKAHA	1 - 2	60	27	45
BADIKAHA	2 - 3	60	43	72
BADIKAHA	>3	59	59	100
MARAHOUÉ	0 - 1	123	85	69
MARAHOUÉ	1 - 2	123	78	63
MARAHOUÉ	2 - 3	125	110	88
MARAHOUÉ	>3	120	117	97
PANYA	0 - 1	65	27	45
PANYA	1 - 2	64	62	97
PANYA	2 - 3	66	57	86
PANYA	>3	58	51	88
NORONIGUE	0 - 1	54	2	4
NORONIGUE	1 - 2	60	25	42
NORONIGUE	2 - 3	78	62	79
NORONIGUE	>3	62	60	97
TOTAL		1231	892	72 ± 2,50

Le contrôle de l'efficacité des vaccinations de 1989 à 1991 montrent qu'à l'exception des jeunes animaux de 3 mois à 1 an (taux de séroconversion < 70 p.100) et des bovins des ranches d'Etat (< 80 p.100 de séroconversion), les animaux vaccinés de plus d'un an d'âge ont obtenu un taux de séroconversion très élevé (> 80 p.100). Au niveau des troupeaux, 65 p.100 (179/276) peuvent être considérés comme bien protégés en partant de l'hypothèse que 80 p.100 de séroconversion pour un troupeau est le seuil de protection.

Cette évaluation a été entreprise sur des échantillons aléatoires, proportionnels et stratifiés.

TABLEAU 37 : EVALUATION DE L'IMMUNITE POST-VACCINALE OU POST-INFECTIEUSE
DES ANIMAUX TRANSHUMANTS ETRANGERS EN FONCTION DES PAYS D'ORIGINE

POSTES D'ENTREE	MALI			BURKINA-FASO			GUINEE		
	sérums	positifs	p.100	sérums	positifs	p.100	sérums	positifs	p.100
DOROPO				229	204	89			
TOUGBO									
OUANGOLO	79	77	97						
NIELLE	200	180	90						
TENGRELA	198	174	88						
GOUEYA	100	86	86						
TIENKO	100	86	86						
MININIAN	100	99	99						
BOOKO									
KOONAN							100	29	29
MARCHE à BETAIL BOUAKE				20	20	100			
MARCHE à BETAIL ABIDJAN	72	46	64	93	63	68			
TOTAL	849	748	88	342	287	84	100	29	29

I.3.5 CINETIQUE DE DISPARITION DES ANTICORPS ANTIBOVIPESTIQUES D'ORIGINE MATERNELLE CHEZ LE VEAU

Les résultats des deux troupeaux sont résumés dans *les tableaux 38 et 39*. Ils confirment les observations faites à l'issue des enquêtes de 1989 et 1990.

TABLEAU 38: EVALUATION DE L'IMMUNITE PASSIVE ANTIBOVIPESTIQUE CHEZ DES VEAUX : ELEVAGE D'IRHO LA ME

ANIMAUX	NOMBRE DE SERUMS	NOMBRE DE POSITIFS	p.100
MERES SUITEES	32	32	100
VEAUX, 1 mois	32	32	100
VEAUX, 2 mois	31	28	90
VEAUX, 3 mois	32	22	69
VEAUX, 4 mois	32	9	28
VEAUX, 5 mois	32	2	6
VEAUX, 6 mois	31	1	3
VEAUX, 7 à 12 mois	31*	1 (n° 974) **	3
VEAUX, 13 mois	31	30	97

(*) : ce chiffre indique le nombre de sérums récoltés par mois de 7 à 12 mois.

(**): sur toute la période un seul veau, n° 974, a été positif.

Les résultats montrent que la disparition des anticorps d'origine maternelle chez le veau est beaucoup plus précoce : à 3 mois d'âge, plus de 30 p.100 des veaux ne sont plus immuns; à 4 mois, ce sont plus de 70 p.100 qui ont perdu l'immunité d'origine maternelle. La réponse de ces veaux à 1 mois et à 2 mois (100 p.100) indique qu'ils ont reçu les anticorps antibovipestiques à travers le colostrum. Leur réponse à 13 mois (97 p.100) signifie qu'ils ont un système immunitaire apte à réagir face à une stimulation antigénique.

**TABLEAU 39: EVALUATION DE L'IMMUNITE PASSIVE ANTIBOVIPESTIQUE
CHEZ DES VEAUX : ELEVAGE D'IDESSA**

ANIMAUX	NOMBRE DE SERUMS	NOMBRE DE POSITIFS	p.100
MERES SUITEES	34	34	100
VEAUX, 1 mois	34	34	100
VEAUX, 2 mois	34	33	97
VEAUX, 3 mois	34	25	73
VEAUX, 4 mois	32	15	47
VEAUX, 5 mois	31	6	19
VEAUX, 6 mois	33	3	9
VEAUX, 7 à 11 mois	33	0	0
VEAUX, 12 mois	22	20	91

La même étude menée dans cet élevage de l'IDESSA conduit aux mêmes résultats que ceux cités ci-dessus. En effet à 4 mois, la plupart des veaux ont perdu leur immunité d'origine maternelle.

Ces résultats appellent à réviser la stratégie de la vaccination antibovipestique en abaissant l'âge de la première vaccination des veaux à 4 mois.

1.4 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DU TERRITOIRE

Aucun foyer de peste bovine n'a été dépisté au cours de ces trois années de présence effective sur le terrain.

CHAPITRE II : EVALUATION ECONOMIQUE DES CAMPAGNES DE VACCINATION

II.1 BILAN COMPTABLE DU PROJET PARC-CI

1) L'ensemble des sommes dépensées par le coordinateur national du projet PARC-CI est présenté dans *le tableau 40*. *Le tableau 40'* livre un résumé des trois devis-programmes.

2) Les dépenses effectuées pour l'ensemble du projet PARC-CI, par la délégation de la CEE à Abidjan se résument comme suit :

- Equipement :	148 753 942 FCFA ²⁷
- Médicaments :	218 723 000 FCFA
- Etudes :	36 088 838 FCFA
TOTAL :	403 565 780 FCFA pour une allocation de départ de 431 084 194 FCFA soit un taux de réalisation de 93,6 p.100.

Récapitulatif général des dépenses :

- Dépenses sur devis-programmes :	182 109 302 FCFA
- Appels d'offre :	403 565 780 FCFA
- Solde général :	149 324 918 FCFA
TOTAL :	735 000 000 FCFA

L'ensemble des dépenses durant les trois années de la première phase du projet PARC-CI est de **585 675 082 FCFA** soit un taux de réalisation de 79,7 p.100.

II.1.1 BILAN DE LA COMMERCIALISATION DES INTRANTS D'ELEVAGE

Les résultats des trois années d'exercice sont indiqués en *annexe 9*. La marge bénéficiaire dégagée à l'issue de la première année d'exercice s'élevait à 32 600 000 FCFA. Cette somme a servi à la confection du budget prévisionnel de la deuxième année du projet (rubrique : revitalisation des services vétérinaires).

²⁷Rappel : 1 FCFA = 0,02 FF avant le 11 janvier 1994.

TABLEAU 40 :

**VENTILATION DES DEPENSES AU COURS DE LA PHASE I
DU PROJET PARC-CI**

TABLEAU 40

CODE BUDGET	RUBRIQUES	BUDGET INITIAL	1989		1990		1991	
			DEBLOCAGE SOLLICITE	SOLDE FIN 1989	DEBLOCAGE SOLLICITE	SOLDE	DEBLOCAGE SOLLICITE	DISPONIBLE FIN 1ère PHASE
	I1 - Lutte contre les épizooties, réhabilitation des services vétérinaires, surveillance aux frontières							
221902	. Construction de 4 postes d'entrée	56 000 000	36 000 000	20 000 000	0	20 000 000	0	20 000 000
221902	. Fonctionnement véhicules	1 457 000	613 750	843 250	728 112	115 138	65 425	49 713
225102	. Achat 1 véhicule pick-up	3 800 000	0	3 800 000	0	3 800 000	0	3 800 000
632600	. Fonctionnement motos	653 000	176 500	476 500	143 301	333 199	332 900	299
632601	. Recyclage personnel	900 000	450 000	450 000	0	450 000	450 000	0
620101	. Réunion coordination frontières	275 000	0	275 000	0	275 000	263 700	11 300
225702	. Achat de deux motos	700 000	0	700 000	0	700 000	0	700 000
	SOUS-TOTAL	63 785 000	37 240 250	26 544 750	871 413	25 673 337	1 112 025	24 561 312
	I2 - Campagnes de vaccination							
632101	. Réhabilitation chambres froides Abidjan	5 000 000	5 000 000	0	0	0	0	0
229101	. Matériel d'animation	3 000 000	1 761 650	1 238 350	0	1 238 350	941 120	297 230
226100	. Equipement de bureau	862 380	562 380	300 000	0	300 000	276 390	23 610
225102	. Achat de deux véhicules	8 300 000	0	8 300 000	7 025 000	1 275 000	0	1 275 000
225702	. Achat de 30 cyclomoteurs	7 800 000	0	7 800 000	6 563 457	1 236 543	0	1 236 543
600101	. Antibiotiques	5 000 000	2 452 194	2 547 806	2 500 000	47 806	0	47 806
600102	. Matériel - vétérinaire complémentaire	3 400 000	0	3 400 000	3 142 117	257 883	0	257 883
	- chambres froides	2 000 000	0	2 000 000	1 098 240	901 760	654 540	247 220
609109	. Sulfate de magnésium	2 000 000	0	2 000 000	0	2 000 000	8 300	1 991 700
632600	. Fonctionnement véhicule coordinateur	1 218 000	961 844	256 156	256 156	0	0	0
632600	. Fonctionnement équipe de vaccination	10 629 000	6 843 240	3 785 760	3 785 760	0	0	0
632600	. Fonctionnement pick-up isotherme	1 218 000	609 000	609 000	609 000	0	0	0
632601	. Fonctionnement vélomoteurs	5 435 000	1 217 500	4 217 500	2 643 163	1 574 337	1 560 182	14 155
619000	. Fournitures de bureau/rapports	1 250 000	1 232 028	17 972	9 705	8 267	0	8 267
620101	. Réunions coordinateur - voyages	725 000	151 950	573 050	346 000	227 050	217 850	9 200
654100	. Indemnités coordinateur	350 000	350 000	0	0	0	0	0
639800	. Campagne de communication	11 500 000	6 287 000	5 213 000	3 200 288	2 012 712	1 545 000	467 712
	SOUS-TOTAL	69 687 380	27 428 786	42 258 594	31 178 886	11 079 708	5 203 382	5 876 326

TABLEAU 40 (suite)

CODE BUDGET	RUBRIQUES	BUDGET INITIAL	1989		1990		1991	
			DEBLOCAGE SOLLICITE	SOLDE FIN 1989	DEBLOCAGE SOLLICITE	SOLDE	DEBLOCAGE SOLLICITE	DISPONIBLE FIN 1ère PHASE
	I3 - Amélioration du système d'information zoosanitaire							
226202	Equipement/matériel informatique	3 887 230	3 887 230	0	0	0	0	0
226102	Photocopieuse	2 365 000	2 365 000	0	0	0	0	0
226102	Matériel de reprographie	545 000	545 000	0	0	0	0	0
229100	Matériel didactique	2 000 000	0	2 000 000	1 592 174	407 826	407 826	0
632101	Aménagement bureau documentation	1 500 000	337 875	1 162 125	255 605	906 520	893 000	13 520
619100	Fonctionnement fourniture informatique	1 475 000	585 259	889 741	323 258	566 483	559 500	6 983
632900	Contrat entretien	750 000	0	750 000	645 165	104 835	100 000	4 835
639300	Formation informatique	1 100 000	1 080 000	20 000	0	20 000	0	20 000
633200	Fonctionnement téléx/PTT	1 200 000	138 070	1 061 930	144 125	917 805	916 736	1 069
620101	Réunion de formation/voyages	900 000	304 350	595 650	583 650	12 000	0	12 000
654100	Indemnités	1 350 000	1 065 700	284 300	283 474	826	0	826
	SOUS-TOTAL	17 072 230	10 308 484	6 763 746	3 827 451	2 936 295	2 877 062	59 233
	I4 - Actions épidémiologiques							
632600	Fonctionnement véhicules/entretien	3 112 500	1 728 308	1 384 192	271 692	1 112 500	820 500	292 000
654100	Indemnités de tournées Sérosurv	5 520 000	1 077 300	4 442 700	2 415 020	2 027 680	1 783 658	244 022
229200	Matériel de labo transportable	3 000 000	233 700	2 766 300	1 800 000	966 300	966 300	0
226202	Matériel informatique	3 887 230	3 887 230	0	0	0	0	0
226102	Photocopieur	2 365 000	2 365 000	0	0	0	0	0
226102	Machine à écrire	562 380	562 380	0	0	0	0	0
226102	Mobilier de bureau	500 000	170 525	329 475	329 475	0	0	0
619100	Fournitures informatiques diverses	500 000	398 024	101 976	0	101 976	0	101 976
632900	Contrat entretien informatique	650 000	0	650 000	646 250	3 750	0	3 750
639300	Formation informatique	600 000	600 000	0	0	0	0	0
639301	Formation spécialiste labo	9 500 000	4 660 515	4 839 485	500 000	4 339 485	3 850 250	489 235
632101	Réparation/entretien chambre froide	5 000 000	0	5 000 000	3 190 130	1 809 870	1 809 870	0
	SOUS-TOTAL	35 197 110	15 682 982	19 514 128	9 152 567	10 361 561	9 230 578	1 130 983
	II - Distribution des intrants vétérinaires							
767100	Fonds de roulement	0	0	0	0	0	0	0
632600	Fonctionnement véhicules	2 500 000	659 091	1 840 909	1 806 346	34 563	32 220	2 343
632101	Réhabilitation réseau de distribution	10 000 000	8 756 315	1 243 685	953 685	290 515	289 413	1 102
	SOUS-TOTAL	12 500 000	9 415 406	3 084 594	2 759 516	325 078	321 633	3 445
	III - Imprévus	15 500 000	7 673 678	7 826 322	6 231 333	1 594 989	1 593 870	1 119
	TOTAL GENERAL	213 741 720	107 749 586	105 992 134	54 021 166	51 970 968	20 338 550	31 632 418

TABLEAU 40 : DEPENSES EFFECTUEES SUR LES DEVIS-PROGRAMMES
N° 1, 2, 3 PAR LA DSV AU COURS DU PARC-CI

DEVIS-PROGRAMME	ANNEE	BUDGET INITIAL	DEPENSES	TAUX DE REALISATION (p.100)	SOLDE
1	1	139 829 220	107 749 586	77,06	32 079 634
	2	32 079 634	24 587 910	76,65	7 491 724
	3	7 491 724	6 955 665	92,84	536 062
2	2	71 000 000	29 433 256	41,46	41 566 744
	3	41 566 744	11 070 738	26,63	30 496 006
3	3	2 912 500*	2 312 150	79,39	600 350
TOTAL		213 741 720	182 109 302	85,2	31 632 418

* : le budget initial du devis-programme n° 3 est de 120 605 000 FCFA mais la somme affectée à la rubrique "actions épidémiologiques" s'élève à 2 912 500 FCFA. Cette rubrique se résume à la sérosurveillance effectuée après la 3ème campagne de vaccination de 1991.

II.2 COUT DE LA COLLECTE DE SERUMS

Dans le chapitre "actions épidémiologiques", la part affectée à l'opération de collecte de sérums après chaque campagne de vaccination, est indiquée dans le tableau 41. Le coût du sérum récolté est de 796 FCFA en 1989/90; de 407,7 FCFA en 1990/91 et de 491,1 FCFA en 1991/92.

II.3 COUT DES TROIS CAMPAGNES DE VACCINATION

Les calculs sont faits sur la base d'un cheptel bovin estimé à 1 million de têtes. Le coût par animal, en tenant compte de la population bovine totale, et le coût par animal vacciné (population bovine réellement vaccinée), sont donnés dans le tableau 42.

Le coût global de la lutte contre la peste bovine, y compris les coûts des actions épidémiologiques et du système d'information zoosanitaire, rapporté à la population bovine totale, donne par tête de bétail les résultats suivants : **101,40 FCFA** en 1989; **94,10 FCFA** en 1990 et **71,9 FCFA** en 1991 (tableau 44).

Le coût du projet rapporté au cheptel bovin (effectif moyen obtenu sur les 3 années du projet) est de 530,3 FCFA/animal. Ce coût élevé est dû à la particularité du PARC-CI où les activités de restructuration du secteur élevage consomment près de 50 p.100 du budget total.

TABLEAU 41 : COUT DU FLACON DE SERUM RECOLTE POUR L'EVALUATION DE L'IMMUNITE POST-VACCINALE AU COURS PARC-CI

ANNEE EVENEMENTS	1989/90	1990/91	1991/92
CARBURANT (350 FCFA/l)	1 238 615	979 986	900 000
FRAIS DE MISSION	2 486 404	1 200 272,5	912 285
ENTRETIEN VEHICULES	1 074 950	135 000	499 865
TOTAL (FCFA)	4 799 969	2 315 258,5	2 312 150
NOMBRE DE SERUMS RECOLTES	6030	5679	4708
COUT ²⁸ DU FLACON DE SERUM (FCFA)	796	407,7	491,1

Le coût relativement faible en 1990/91 et 1991/92 tient à plusieurs facteurs :

- les frais de mission ont été payés à 75 p.100 de leur valeur,
- les dépenses pour l'entretien des véhicules ont été faibles,
- la collecte de sérums s'est effectuée aussi dans les ranches occasionnant peu de déplacements donc une diminution des frais de carburant.

Pour l'échantillon de 1990/91, la différence de 5 sérums (5679 - 5674) est due à des sérums récoltés mais non analysés parce que soit perdus, soit hémolysés, soit contaminés.

La différence de 202 sérums (4708 - 4506) enregistrée en 1991/92 est due aux mêmes raisons.

II.4 MODELISATION COUTS/BENEFICES

II.4.1 MODELISATION DES COUTS

Les coûts réels obtenus sur les trois années de campagnes de lutte, ont servi à faire une simulation des coûts sur une période de 12 ans à partir de la quatrième année. La projection des dépenses effectuées (à partir de la quatrième année) est donc inspirée de l'exemple vécu. Ainsi pour le chapitre "campagne de vaccination",

²⁸Ce coût ne prend pas en compte le salaire du personnel mais seulement les frais de mission.

il n'y a pas d'achats de matériel les années 4 et 5. Le projet a fait face aux charges fixes et variables, correspondant effectivement à la période de 1992 et 1993. La somme allouée à l'achat de vaccin suivra l'évolution théorique du cheptel. Pour le renouvellement du matériel, les années 6 et 7 enregistrent des investissements et achats de matériel, à concurrence de 50 p.100 du volume initial (années 1 et 2). L'année 8 reconduit le même niveau d'achats de matériel de bureau et d'animation que la 6ème. Il intervient également un investissement de faible importance, 25 p.100 (par rapport à l'investissement initial) à la onzième année du projet. Les autres charges (à l'exception du vaccin) restent identiques des années 8 à 12 (*tableau 43*).

La répartition des charges pour les chapitres "actions épidémiologiques" et "système d'information zoosanitaire" est également indiquée dans le tableau 43. *Le tableau 44* présente une projection des coûts en tenant compte de l'amortissement. Ce qui permet de calculer le coût réel par animal sur les trois années du projet PARC-CI et à la suite de la projection sur la période de 12 ans. En *annexe 25* se trouve résumé le tableau 44 utilisé pour la simulation.

Ces coûts concernent l'hypothèse A (avec projet de vaccination).

Par contre, il est supposé qu'il n'y en a aucun dans le cas de l'hypothèse B (sans projet de vaccination).

TABLEAU 42 : DETERMINATION DU COUT DE L'ANIMAL VACCINE DURANT LE PARC-CI (FCFA)

ANNEE COUT	1989	1990	1991	COUT MOYEN PAR ANIMAL A LA FIN DU PARC-CI PHASE I
COUT TOTAL	83 498 877	84 739 462	60 360 594	
CHEPTEL TOTAL	1 062 498	1 122 856	1 128 038	
COUT PAR ANIMAL	78,60	75,50	53,50	69,20
CHEPTEL VACCINE	894 942	1 011 468	655 720	
COUT PAR ANIMAL VACCINE	93,3	83,8	92	89,7

Le calcul du coût estimé par animal vacciné prend en compte uniquement le coût relatif aux campagnes de vaccination rapporté :

- soit à la population réellement vaccinée,
- soit au cheptel global.

TABLEAU 43

LUTTE CONTRE LA PESTE BOVINE : PROJECTION DES DEPENSES SUR UNE PERIODE DE 12 ANS

ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EVENEMENTS												
CAMPAGNE DE VACCINATION												
Véhicule (1)	51 490 000	7 025 000				25 745 000	3 512 500				12 872 500	
Vélocoteur (1)		6 563 457					6 563 457				1 640 864	
Matériel de froid (1)	23 914 378	1 098 240				11 957 189	549 120					
Matériel de bureau (1)	562 380	-	276 390			276 390		276 390				
Matériel d'animation (1)	1 761 650	-	941 120			941 120		941 120				
Fonctionnem./entret. (2)	22 150 612	10 504 072	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182	3 105 182
Frais du personnel (2)	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041	10 225 041
Indemnité/voyage (3)	501 950	346 000	217 850	217 850	217 850	217 850	501 950	346 000	217 850	217 850	217 850	217 850
Matériel d'injection (3)	8 134 259	2 640 000				2 640 000						
Vaccin (3)	20 076 000	33 864 200	19 408 870	19 408 870	20 573 402	21 807 806	23 116 274	24 503 250	25 973 445	27 531 851	29 183 762	30 934 787
SOUS-TOTAL	138 816 270	72 266 010	34 174 453	32 956 943	34 121 475	76 915 578	47 573 524	39 396 983	39 521 518	41 079 924	57 245 199	44 482 860
ACTIONS EPIDEMIOLOGIQUES												
Poste d'entrée (1)	36 000 000											
Matériel laboratoire (2)	1 978 695	1 800 000	966 300	966 300	966 300	966 300	966 300	966 300	966 300	966 300	966 300	966 300
Matériel informat. (1)	4 285 254					2 142 627						
Matériel bureau (1)	3 097 905					1 548 952						
Fonctionnem./entret. (2)	2 805 608	4 108 072	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370	2 630 370
Frais personnel (2)	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000	5 049 000
Indemnité/voyage (3)	1 077 300	2 415 020	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658	1 783 658
Formation (3)	5 260 515	500 000	3 850 250			5 260 515						
SOUS-TOTAL	59 554 277	13 872 092	14 279 578	10 429 328	10 429 328	19 381 422	10 429 328	10 429 328	10 429 328	10 429 328	10 429 328	10 429 328
SYSTEMES D'INFORMATIONS ZOOSANITAIRES												
Matériel informat. (1)	3 887 230					1 943 615						
Matériel bureau (1)	2 910 000	1 592 174	408 067			408 067						
Fonctionnem./entret. (2)	1 061 204	1 368 153	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236
Indemnité/voyage (3)	1 370 050	867 124				867 124	867 124					
Formation (3)	1 080 000					1 080 000						
SOUS-TOTAL	10 308 484	3 827 451	2 877 303	2 469 236	2 469 236	6 768 042	3 336 360	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236
TOTAL GENERAL	208 679 031	89 965 553	51 331 334	45 855 507	47 020 039	103 065 042	61 339 212	52 295 547	52 420 082	53 978 488	70 143 763	57 381 424

- (1) Investissement
(2) Charges fixes
(3) Charges variables

TABLEAU 44

ESTIMATION DU COUT (FCFA) DE LA LUTTE CONTRE LA PESTE BOVINE A LA FIN DU PARC-CI
ET APRES UNE SIMULATION SUR MODELE INFORMATIQUE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	VALEUR RESIDUELLE
CAMPAGNE DE VACCINATION													
Investissements	22 411 015	27 160 149	27 403 651	10 240 318	5 710 832	11 679 757	14 928 585	14 928 585	6 346 918	2 988 266	5 191 114	5 081 290	44 837 788
Charges fixes et variables	61 087 862	57 579 313	32 956 943	32 956 943	34 121 475	37 995 879	36 948 447	38 179 473	39 521 518	41 109 924	42 731 835	44 482 860	
Sous-Total	83 498 877	84 739 462	60 360 594	43 197 261	39 832 307	49 674 636	51 877 032	53 108 058	45 868 436	44 098 190	47 922 949	49 564 150	4 837 788
ACTIONS EPIDEMIOLOGIQUE													
Investissements	3 876 632	3 876 632	3 876 632	3 876 632	3 876 632	3 138 315	3 138 315	3 138 315	3 138 315	3 138 315	3 138 315	3 138 315	7 200 000
Charges fixes et variables	16 171 118	13 872 092	13 313 278	10 429 328	10 429 328	15 698 843	10 429 328	10 429 328	10 429 328	10 429 328	10 429 328	10 429 328	
Sous-Total	20 047 750	17 748 724	17 189 910	14 305 960	14 305 960	18 828 158	13 567 643	13 567 643	13 567 643	13 567 643	13 567 643	13 567 643	7 200 000
SYSTEME D'INFORMATION ZOOSANITAIRE													
Investissements	659 446	977 881	1 059 494	1 059 494	1 059 494	870 384	633 562	633 562	633 562	633 562	633 562	633 562	
Charges fixes et variables	3 511 254	2 235 277	2 469 236	2 469 236	2 469 236	4 416 360	3 336 360	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	2 469 236	
Sous-Total	4 170 700	3 213 158	3 528 730	3 528 730	3 528 730	5 286 744	3 969 922	3 102 798	3 102 798	3 102 798	3 102 798	3 102 798	
TOTAL GENERAL	107 717 327	105 701 344	81 079 234	61 031 951	57 666 997	73 789 538	69 414 597	69 778 499	62 538 877	60 768 631	61 800 890	66 234 591	12 037 788
POPULATION BOVINE*	1 062 498	1 122 856	1 128 038	1 338 000	1 430 000	1 521 000	1 589 000	1 680 000	1 790 000	1 906 000	2 029 000	2 160 000	
COUT/ANIMAL NON ACTUALISE	101,4	94,1	71,9	45,6	40,3	48,5	43,7	41,5	35	32	30,5	30,7	

* : population bovine dans l'hypothèse A0 à partir de l'an 4

Coût moyen/animal à la fin de la phase I du PARC-CI = 89,13 FCFA

AMORTISSEMENTS :

- Véhicule/Vélocycle : 3 ans
- Matériel de : froid, bureau, animation : 5 ans
- Bâtiment : 15 ans

II.4.2 MODELISATION DE LA PRODUCTIVITE DU TROUPEAU

Cette simulation en fonction des paramètres zootechniques obtenus sur l'échantillon, indiqués en *annexe 14* et des connaissances épidémiologiques sur la peste bovine, donne la productivité du cheptel de 1 million de têtes, en présence et en absence d'un projet de vaccination sur la période de 12 ans. Les résultats figurent dans le *tableau 45* et les *annexes 23* en présentent le détail.

Le gain supplémentaire correspondant à l'accroissement du troupeau à la fin de la période de 12 ans, varie de 8000 à 387 000 bovins selon les schémas décrits. Il produit 20 à 110 millions FCFA (valeur non actualisée), constituant un bénéfice comme la valeur résiduelle des investissements (12,04 millions FCFA, valeur non actualisée) (*tableau 46*).

L'analyse de sensibilité s'impose lorsqu'une incertitude est attachée aux valeurs de certains paramètres sans pouvoir déterminer avec une probabilité donnée les valeurs que peuvent prendre ces paramètres. Dans notre étude, le taux de mortalité en cas d'épizootie (hypothèse B) est le principal paramètre utilisé pour effectuer ce test de sensibilité.

TABLEAU 45 : PRODUCTIVITE DU TROUPEAU DE 1 MILLION DE TETES SUR UNE PERIODE DE 12 ANS (x 1000 bovins)

	AVEC PROJET DE VACCINATION	SANS PROJET DE VACCINATION AVEC DIFFERENTS TAUX DE MORTALITE		
		10 p.100	20 p.100	40 p.100
NOMBRE DE TETES	* 2160	2089	1980	1773
	** 2097			
GAIN	*	71	182	387
TOTAL	**	8	117	324

* : Hypothèse A0 avec 4 p.100 de mortalité dans les élevages vaccinés.

** : Hypothèse A1 avec 10 p.100 de mortalité dans les élevages vaccinés.

Le gain total est obtenu par différence entre le nombre de têtes "Avec projet" et "Sans projet" de vaccination pour chacune des hypothèses (* et **), à la fin de la période de 12 ans.

TABLEAU 46: DETERMINATION DES VALEURS RESIDUELLES (x 1000 FCFA) :
 - sur le croît du troupeau (x 1000 bovins)
 - sur les investissements (x 1000 bovins)

	SANS PROJET DE VACCINATION			INVESTISSEMENT
	10	20	40	
MORTALITE (p.100)				
GAIN D'ANIMAUX	* 71	181	388	
	**	117	324	
VALEUR A.P.	* 306	306	306	
	**	288	288	
VALEUR S.P.	286	255	196	
GAIN EN VALEUR	* 20	51	110	12,04
	**	33	92	

A.P. : avec projet de vaccination

S.P. : sans projet de vaccination

* : Hypothèse A0 avec 4 p.100 de mortalité dans les élevages vaccinés.

** : Hypothèse A1 avec 10 p.100 de mortalité dans les élevages vaccinés.

II.4.3 MODELISATION COUTS/BENEFICES

A partir des résultats précédents, une troisième simulation a été effectuée pour connaître le coût/bénéfice du projet de vaccination. Ce calcul a été fait pour la campagne de lutte totale avec chacune des hypothèses émises :

- Hypothèse A (avec projet de vaccination) : avec 4 p.100 et 10 p.100 de mortalité;

- Hypothèse B (sans projet de vaccination) : avec 10 p.100, 20 p.100 et 40 p.100 de mortalité.

Dans chacun des cas, nous avons déterminé les deux critères d'évaluation retenus. *Le tableau 47* présente le résumé de ces résultats et *les annexes 24* en livrent l'ensemble. Ces VAN (avec projet de vaccination) hautement positives et les TRI très élevés, pour un taux d'actualisation du capital de 10%, justifient un programme de vaccination contre la peste bovine.

Le coût par animal vacciné au cours du projet PARC-CI varie de 101,4 FCFA en 1989 à 71,9 FCFA en 1991 (moyenne = 89,1 FCFA). Le TRI oscille entre 31,7 p.100 et 88 p.100 selon le taux de mortalité appliqué pour la simulation dans les deux hypothèses A et B sur la période de 12 ans, avec un cheptel au départ de 1 million de têtes. Le bénéfice que peut produire le projet de vaccination, dans les mêmes conditions, varie de 518 millions FCFA à 4883,4 millions FCFA.

**TABLEAU 47 : CALCUL DES CRITERES D'EVALUATION (VAN ET TRI) DES CAMPAGNES DE
PROPHYLAXIE CONTRE LA PESTE BOVINE :
PROJECTION SUR 12 ANS A PARTIR D'UN TROUPEAU DE 1 MILLION
DE BOVINS; TAUX D'ACTUALISATION : 10% (x1000 FCFA) x (1000 bovins)**

TAUX DE MORTALITE (A.P.)	TAUX DE MORTALITE (S.P.)	SANS PROJET VAN	AVEC PROJET VAN	BENEFICE*	TRI (p.100)
4 p.100	10 p.100	62 573,4	63 091,3	518	31,7
	20 p.100	61 063,6	63 091,3	2027,8	60,4
	40 p.100	58 207,9	63 091,3	4883,4	88
10 p.100	20 p.100	61 063,6	62 312,9	1249,4	51
	40 p.100	58 207,9	62 312,9	4105	84

(*) : le bénéfice calculé ne prend pas en compte la valeur résiduelle des investissements et du croît du troupeau. En effet le logiciel LIVMOD se base uniquement sur les ventes d'animaux (dans notre cas) pour faire le calcul des paramètres économiques désirés.

VAN : valeur actualisée nette.

TRI : taux de rentabilité interne.

A.P. : avec projet de vaccination.

S.P. : sans projet de vaccination.

CHAPITRE III : RECHERCHE DE LA CIRCULATION DU VIRUS BOVIPESTIQUE DANS LES AUTRES ESPECES ANIMALES RECEPTIVES

III.1 ESPECES OVINE ET CAPRINE

III.1.1 CHEPTEL NATIONAL

Parmi les 1442 sérums récoltés en 1990/91 en région forestière et analysés par l'ELISA indirect, 335 ont été positifs, soit $23,23 \pm 2,17$ p.100 (tableau 48). Ce test révélant aussi bien les anticorps antibovipestiques qu'anti-PPRV, 1342 sérums (la différence étant due à des sérums perdus ou contaminés) ont donc été repris en séroneutralisation comparative, pour préciser la source de cette séroconversion dans ces espèces non vaccinées.

300 sérums se sont révélés positifs avec un titre supérieur de plus d'1 \log_{10} vis-à-vis de l'antigène homologue (souche PPRV 75/1). La conversion sérologique est imputable à la circulation du PPRV et non au RPV.

La différence de résultats entre ces deux tests n'est pas significative à 5 p.100.

TABLEAU 48 : PREVALENCE DE LA PPR EN MILIEU VILLAGEOIS NON VACCINE AVEC LE VACCIN HETEROLOGUE ANTIBOVIPESTIQUE EN 1990/1991 (Petits ruminants)

SERUMS REGION D'ORIGINE	SERUMS RECOLTES	SERUMS POSITIFS	p.100
AGNIBILEKRO	411	136	33
DIVO	253	109	43
TIEMELEKRO	86	12	14
VAVOUA	692	78	11
TOTAL	1442	335	$23,2 \pm 2,17$

La circulation du PPRV est forte dans la région forestière, avec effectivement chaque année, des foyers authentiques de PPR.

En 1991/92, seulement 81 sérums provenant de jeunes agneaux et chevreaux âgés de 2 à 7 mois ont été positifs par le test d'ELISA de compétition. Tous les sérums d'animaux de plus d'un an d'âge soit 2592 sérums, ont été négatifs en recherche d'anticorps antibovipestiques.

III.1.2 PETITS RUMINANTS D'ORIGINE ETRANGERE

Les 312 sérums analysés ont été négatifs dans la recherche du RPV.

III.2 ESPECE PORCINE

Les 804 sérums de cette espèce ont été négatifs en anticorps antibovipestiques par le test ELISA de compétition.

III.3 RUMINANTS DE LA FAUNE SAUVAGE

Les 209 sérums récoltés sur la faune sauvage ont été négatifs en anticorps antibovipestiques par l'ELISA de compétition.

Ces différents résultats montrent qu'il n'y a pas de circulation du virus bovine pestique dans ces populations non vaccinées.

La séroconversion des jeunes animaux est due à la présence d'anticorps maternels mais probablement aussi à des anticorps post-vaccinaux (suite à une vaccination avec le vaccin hétérologue, surtout vrai pour les animaux âgés de plus de 4 mois).

III.4 PREVALENCE DE LA PPR

Les sérums d'ovin et caprin, de porc et de faune sauvage ont permis d'apprécier la prévalence de la PPR en utilisant l'ELISA de compétition PPR.

III.4.1 PETITS RUMINANTS NON VACCINES DU CHEPTEL NATIONAL

En 1991/92, 343 sérums sur 2350 ont été positifs soit 14,6 p.100. Les données par région sont présentées dans *le tableau 49*.

Rappelons qu'en 1990/91, la région forestière avait donné 23,2 p.100 de sérums positifs pour 1442 recueillis.

La sensible diminution (différence très significative) de la prévalence de la PPR en région forestière (-3,7 p.100) d'une année à l'autre est imputable à la pression de vaccination.

III.4.2 PETITS RUMINANTS D'ORIGINE ETRANGERE

Le tableau 50 expose les résultats obtenus (par l'ELISA indirect et confirmés par la séroneutralisation comparative) sur les 312 sérums d'ovins et caprins provenant des pays limitrophes (Burkina-Faso, Mali).

TABLEAU 49 : REPARTITION DES SEROPOSITIFS EN FONCTION DES REGIONS (ANTICORPS ANTI-PPR) EN 1991/1992 EN COTE-D'IVOIRE

SERUMS REGIONS	NOMBRE DE SERUMS	NOMBRE DE POSITIFS	p.100
NORD	640	118	18
CENTRE	637	16	2,5
REGION FORESTIERE	1073	209	19,5
TOTAL	2350	343	14,60 ± 1,4

TABLEAU 50 : ESTIMATION DE LA PREVALENCE DE LA PPR CHEZ LES PETITS RUMINANTS D'ORIGINE ETRANGERE

SERUMS PAYS D'ORIGINE	SERUMS RECOLTES	SERUMS POSITIFS	p.100
MALI	232	45	19
BURKINA-FASO	80	11	14
TOTAL	312	56	18 ± 4,3

III.4.3 ESPECE PORCINE

Deux sérums ont été positifs sur 804 sérums analysés.

III.4.4 RUMINANTS DE LA FAUNE SAUVAGE

Deux sérums ont été positifs : l'un provenant d'un buffle et l'autre d'un cobe Defassa.

Notre enquête ne nous a pas permis de mettre en évidence une infection bovipestique des espèces domestiques (petits ruminants et porcs) et des animaux sauvages, sur lesquels des sérums ont pu être prélevés.

La prévalence de la PPR sur le territoire national varie d'une région à l'autre (2,5 à 19,5 p.100) et est étroitement liée à la pression de vaccination avec le vaccin hétérologue antibovipestique.

La prévalence de la PPR sur les petits ruminants d'origine étrangère est équivalente à celle trouvée sur le territoire ivoirien avec cependant un taux plus élevé au Mali.

Les porcs et la faune sauvage n'entretiennent pas non plus le virus de la PPR. Les animaux positifs en anticorps anti-PPRV ont été de toute vraisemblance en contact avec des petits ruminants infectés par le PPRV.

CHAPITRE IV : ETUDE DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1

IV.1 DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE MORTELLE (DMM) DE LA SOUCHE VIRULENTE PPRV-CI

Pour cela, les chèvres ont été inoculées avec 1 ml de la suspension virale de dilution décroissante :

- avec la dilution à 10^3 DICT₅₀/ml, elles ont toutes développé la maladie et 4 sur 5 en meurent;
- avec la dilution à $10^{2,50}$ DICT₅₀/ml, aucune n'a survécu (4/4);
- avec la dilution à 10^2 DICT₅₀/ml, les 3 chèvres ont été malades et 2 sont mortes;
- avec la dilution à 10^1 DICT₅₀/ml, 2 sur 3 ont été malades et 1 est morte. Le 3ème sujet n'a exprimé aucun symptôme de la PPR.

Les observations cliniques après l'inoculation de la souche virulente sont consignées dans *le tableau 51*.

L'analyse sérologique réalisée à J'0, J'+3, J'+7, J'+15 n'a montré aucune séroconversion des animaux, due probablement à l'hypervirulence de la souche PPRV-CI (*tableau 52*).

Ces résultats montrent que la souche PPRV-CI est très virulente. Elle servira de souche d'épreuve pour l'étude du vaccin homologue.

IV.2 EXPERIENCE N°1 : DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE EFFICACE (DME) DU VACCIN HOMOLOGUE 75/1

IV.2.1 INNOCUITE DU VACCIN

Les relevés de température effectués pendant 6 jours après la vaccination sur l'ensemble des animaux vaccinés (34 chèvres) ont donné une courbe de température normale, à l'exception de 2 cas d'hyperthermie observés avec la suspension vaccinale titrant $10^{3,5}$ DICT₅₀/ml : 40°C pour l'un (J+5) et 40,6°C pour l'autre (de J+4 à J+5). Ces 2 animaux ont vu leur courbe redescendre à la normale à partir de J+6.

Aucun autre signe rattachable à la PPR n'a été enregistré durant la période d'observation de 21 jours. Cependant, nous avons noté la mort de 5 animaux dont le symptôme majeur exprimé était l'anorexie, accompagnée de symptômes nerveux pour deux d'entre eux (*tableau 53*).

TABLEAU 51 : DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE MORTELLE DE LA SOUCHE PPRV-CI : SUIVI CLINIQUE

LOT	NOMBRE ANIMAUX	DOSE EPREUVE (DICT ₅₀ /ml)	COURBE DE TEMPERATURE	SYMPTOMES	NOMBRE DE MORTS	LESIONS
1	5	10 ³	4 hyperthermies : >40°C	jetage diarrhée	4	lésions buccales, enduit pultacé sur langue, congestion intestinale, pneumonie
2	4	10 ^{2,5}	3 hyperthermies 1 courbe normale	anorexie, jetage, diarrhée	4	idem ci-dessus
3	3	10 ²	3 hyperthermies	idem ci-dessus	2	idem ci-dessus
4	3	10 ¹	2 hyperthermies	larmolement diarrhée	1	idem ci-dessus

TABLEAU 52 : DETERMINATION DE LA DOSE MINIMALE MORTELLE : ANALYSE SEROLOGIQUE

LOT	N° ANIMAL	DOSE EPREUVE (log ₁₀)	TITRE AVANT EPREUVE	TITRE APRES EPREUVE
1	5	3	0	0
	18			
	54			
	55			
	56			
2	2	2,5	0	0
	13			
	14			
	15			
3	7	2	0	0
	19			
	21			
4	9	1	0	0
	10			
	12			

Il s'agit de :

- 2 chèvres de la dilution 10^{4,5} DICT⁵⁰/ml,
- 1 de celle de 10^{3,5},
- 1 de celle de 10^{2,5},
- 1 pour celle de 10^{1,5}.

L'essai de réisolement du virus en culture cellulaire a été négatif, ainsi que la mise en évidence de l'antigène viral en immunodiffusion en gélose (IDG) à partir du poumon et des ganglions. La cowdriose a été fortement suspectée.

IV.2.2 PERIODE POST-EPREUVE

IV.2.2.1 ANIMAUX TEMOINS

Tous les animaux témoins éprouvés ont été malades de PPR et 4 sur 5 sont morts. L'IDG était positive.

IV.2.2.2 ANIMAUX CONTACT EPROUVES

Tous les sujets contact, placés auprès des animaux vaccinés dans les mêmes boxes et éprouvés ensuite, ont fait la maladie : 7 sur 8 sont morts. Seul l'animal n° 51, positif au 1/10 avant l'épreuve et l'ayant conservé sur toute la période d'observation a survécu.

TABLEAU 53 :

**VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR
EXPERIENCE N° 1 : SUIVI POST-VACCINAL
ET POST-EPREUVE VIRULENTE**

TABLEAU 53

Box	Lots	Type d'animal	Dose vaccinale (DICT ₅₀ /ml) 1 ml en SC	Courbes T° sur 6 jours après vaccination	Courbes de T° sur 15 jours après épreuve (J')	Symptômes	Nombre de morts	Lésions	Observations
1	1	5 chèvres vaccinées	4,5	Courbes normales	Courbes normales	Anorexie	2: J +6 J +20		Morts avant épreuve
	2	5 chèvres vaccinées	3,5	2 Hyperthermies J +5 : 40°C J +4 : J +5 40,4 : 40,6°C	Courbes normales	Anorexie	1 à J +20		Mort avant épreuve
	3	5 chèvres vaccinées	3,0	Courbes normales	3 Hyperthermies J'+12 à J'+13 : 40 - 40,3 J'+3 : 40 J'+5 à J'+7 : 40,3 J'+7 à J'+11 : 40,2 - 40,8	"ventre de bois" sur 1 animal	1 à J'+9	Péritonite purulente gros dépôt fibrineux sur péritoine	Mort de péritonite Aucun symptôme de PPR
		3 chèvres contact non vaccinées	0		3 courbes d'hyperthermie 40 à 40,7	jetage, toux, diarrhée abondante	2 : J'+8 J'+10	Congestion intestinale ulcère lingual pneumonie	Morts de PPR

TABLEAU 53 (suite)

2	4	5 chèvres vaccinées	2,5	Courbes normales	Courbes normales	Anorexie	2 : J +20 J'+3	Hydropéricarde	Mort avant épreuve suspicion de rickettsiose
	5	5 chèvres vaccinées	2,0	Courbes normales	3 courbes d'hyperthermie 40 - 40,2°C	Diarrhée profuse jetage	-	-	2 sujets exprimant les symptômes de PPR
	6	5 chèvres vaccinées	1,5	Courbes normales	1 courbe d'hyperthermie 40 - 41°C	Diarrhée jetage	1 à J +20	-	1 Mort avant épreuve 1 malade de PPR
		3 chèvres contacts non vaccinées	0	-	2 courbes d'hyperthermie 40 - 40,8°C	Larmoiement jetage diarrhée	1 à J'+9	Ulcère gencive Congestion intestinale	Morts de PPR
3	7	4 chèvres vaccinées	1,0	Courbes normales	2 courbes d'hyperthermie 40,1°C - 40,9°C	Diarrhée, jetage mucopurulent enduit pultacé sur la langue	2	congestion intestinale enduit pultacée sur la langue	Morts de PPR
		2 chèvres contact non vaccinées	0	-	1 courbe d'hyperthermie 40,1°C - 40,3°C	Diarrhée jetage	1	pneumonie étendue congestion intestinale	1 Mort de PPR 1 Malade de PPR
4		5 chèvres non vaccinées Témoins d'épreuve	0	Courbes normales	5 courbes d'hyperthermie 40,1 à 40,8°C	Anorexie jetage, diarrhée	4	Ulcère gencive, enduit pultacé sur la langue congestion intestinale	1 Malade de PPR 4 Morts de PPR

: Température

IV.2.2.3 ANIMAUX VACCINES ET EPROUVES

- Aux doses vaccinales $10^{4.5}$ et $10^{3.5}$ DICT₅₀/ml, la courbe de température est restée normale et aucun symptôme de PPR n'a été enregistré;
- A la dose vaccinale 10^3 DICT₅₀/ml, 3 courbes d'hyperthermie ont été notées; elles sont revenues rapidement à la normale. Cependant 1 sujet est mort à J' + 9 de péritonite purulente, sans symptômes de PPR;
- A la dose vaccinale $10^{2.5}$ DICT₅₀/ml, aucune hyperthermie n'a été observée mais un sujet est mort à J' + 3 après avoir exprimé des symptômes nerveux : décubitus latéral, mouvement de pédalage des membres, encolure raide. L'autopsie a révélé un énorme hydropéricarde faisant suspecter la cowdriose. L'analyse de laboratoire a été négative en recherche de Cowdria et de PPRV.

- A la dose vaccinale 10^2 DICT₅₀/ml, 3 courbes d'hyperthermie sont observées suivies de symptômes typiques de la PPR (jetage, diarrhée profuse pour 2 d'entre eux) mais aucun n'en meurt;
- A la dose vaccinale $10^{1.5}$ DICT₅₀/ml, 1 seule courbe d'hyperthermie est enregistrée accompagnée de signes de PPR mais l'animal en guérit;
- A la dose 10^1 DICT₅₀/ml, 2 animaux sur 4 sont malades et meurent de PPR.

Nous constatons que les animaux qui ont reçu une dose vaccinale $\geq 10^{2.5}$ DICT₅₀/ml ont résisté parfaitement à l'épreuve virulente.

IV.2.3 ANALYSE SEROLOGIQUE (tableau 54)

IV.2.3.1 AVANT VACCINATION

Les sérums obtenus à J0 ne montrent aucune activité neutralisante vis-à-vis de l'antigène PPRV 75/1 (souche vaccinale), à l'exception de cinq d'entre eux qui sont positifs au 1/10 (n° 6, n° 10, n° 15, n° 23 et n° 51).

IV.2.3.2 APRES VACCINATION

Dès la fin de la première semaine une séroconversion est observée sur l'ensemble des animaux vaccinés, avec des titres allant du 10ème au 80ème (la série de dilutions s'étant arrêtée à cette limite de 1/80). Sur 4 animaux positifs au 10ème avant la vaccination 3 connaissent le phénomène de rappel avec des titres supérieurs ou égal au 80ème.

Les sujets contact (à l'exception du n° 51) ont conservé une sérologie négative durant la période de suivi.

TABLEAU 54 :

**VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR
EXPERIENCE N° 1 : ANALYSE SEROLOGIQUE**

TABLEAU 54

Box	Lot	Numéro animal	Dose vaccinale	Titre avant vaccination	Titre après vaccination			Titre après épreuve			Observations
					J +7	J +14	J +21	J'+4	J'+7	J'+11	
1	1	6	4.5	10	80	80	80	10	10	10	Mort avant épreuve Mort avant épreuve
		8	4.5	0	80	80	-				
		11	4.5	0	80	-	-				
		20	4.5	0	80	80	80	10	10	10	
		21	4.5	0	80	80	80	10	10	10	
	2	10	3.5	10	80	80	80	-	10	10	Mort avant épreuve
		14	3.5	0	80	80	80	10	10	10	
		26	3.5	0	80	80	80	10	10	10	
		30	3.5	0		40	-	-	-	-	
		31	3.5	0	80	80	80	20	10	10	
	3	3	3.0	0	10	10	10	10	10	10	Mort de péritonite
		12	3.0	0	20	20	20	10	-	-	
		32	3.0	0	10	10	10	10	10	10	
		33	3.0	0	10	10	10	10	10	10	
		34	3.0	0	10	10	10	10	10	10	
	Sujets contact	40	0	0	0	0	0	0	0	0	Morts de PPR
		41	0	0	0	0	0	0	0	0	
		42	0	0	0	0	0	0	0	-	

Le titre sérologique correspond à l'inverse de la dernière dilution encore capable de neutraliser l'antigène

TABLEAU 54 (suite)

2	4	4	2,5	0	80	80	80	20	10	10	Mort avant épreuve	
		15	2,5	10	10	-	-	-	-	-		
		19	2,5	0	80	80	-	10	10	10		
		25	2,5	0	80	80	80	20	-	-		Mort avec forte suspicion de rickettsiose
		35	2,5	0	80	80	80	-	20	20		
	5	44	2,0	0	10	10	10	10	10	10	Malade de PPR	
		45	2,0	0	10	10	10	10	10	10		
		46	2,0	0	10	10	10	10	10	10		
		47	2,0	0	0	0	0	0	0	0	Malade de PPR	
		48	2,0	0	10	10	10	10	-	-		
	6	1	1,5	0	80	80	-				Mort avant épreuve	
		13	1,5	0	80	80	80		10	10		
		16	1,5	0	80	80	80	10	10	10		
		22	1,5	0	40	40	40	10	10	10	Malade de PPR	
		23	1,5	10	80	80	-	10	10	10		
Sujets	53	0	0	-	-	-	-	-	-	Mort de PPR		
contact	57	0	0	-	-	-	-	-	-	Mort de PPR		
	59	0	0	-	-	-	-	-	-			
3	7	7	1,0	0	40	40	40	10	0	0	Mort de PPR	
		27	1,0	0	20	40	40	10	pas de serum			
		28	1,0	0	20	20	20	10	pas de serum			
		29	1,0	0	40	40	40	10	0	0		Mort de PPR
	Sujets	50	0	0	-	-	-	-	0	0	Mort de PPR	
contact	51	0	10	-	-	-	-	-	10	Malade de PPR		
4	Témoins d'épreuve	5	0	0	0	0	0	0	0	-	Mort de PPR	
		18	0	0	0	-	-	0	0	-	Malade de PPR	
		54	0	0	0	0	0	0	0	-	Mort de PPR	
		55	0	0	0	0	0	0	0	-	Malade de PPR	
		56	0	0	0	0	0	0	0	0	Mort de PPR	

(-) pas de serum

IV.2.3.3 APRES EPREUVE VIRULENTE

- Tous les animaux témoins d'épreuve ont gardé une sérologie négative (4 sur 5 sont morts de PPR);
- Tous les sujets contact à l'exception du n° 51 (positif au 10ème à J' + 11 mais il l'était avant l'épreuve virulente) sont restés négatifs;
- En dehors de 7 cas où les titres se maintiennent, tous les animaux vaccinés ont enregistré une chute de leur titre sérologique, du 80ème au 10ème, dès la première prise de sang (J' + 4); ils s'y maintiennent jusqu'à la dernière prise de sang (J' + 11).

La souche vaccinale 75/1 au 66ème passage titrant $10^{4,5}$, $10^{3,5}$, 10^3 ou $10^{2,5}$ DICT₅₀/ml est capable de protéger les petits ruminants contre une souche virulente de PPRV. Ce n'est pas le cas avec les doses inférieures : 10^2 et 10^1 DICT₅₀/ml. Cette immunité induite n'est suivie d'aucune hyperthermie prouvant la bonne innocuité du vaccin.

Ces résultats cliniques sont confirmés par les analyses sérologiques : tous les animaux vaccinés ont fait une séroconversion élevée. Cependant le titre a chuté à la suite de l'épreuve virulente sans pour autant s'annuler.

Les sujets témoins et les animaux contact ont par contre succombé à l'épreuve virulente sauf l'animal n°51. Ceci signifie d'une part, que la souche d'épreuve est réellement virulente; d'autre part, que la souche vaccinale ne diffuse pas d'un animal vacciné à un animal intact en contact étroit (ou diffuse si peu qu'elle n'induit pas une immunité). Le sujet contact n°51 malgré son titre 1/10 avant l'épreuve a été malade mais en est guéri. De même, avec les doses vaccinales de 10^2 DICT₅₀/ml à 10^1 DICT₅₀/ml, des chèvres ont un titre sérologique 1/10 après l'épreuve virulente et pourtant, nombre d'entre elles ont été atteintes de PPR. Le titre sérologique au 1/10 (anti-PPR) ne serait-il pas suffisant pour protéger un petit ruminant?

IV.3 EXPERIENCE N° 2 : INNOCUITE DU VACCIN HOMOLOGUE SUR LES FEMELLES GESTANTES

IV.3.1 INNOCUITE DU VACCIN

IV.3.1.1 TROUPEAU DE BEOUMI

Onze femelles sur 131 ont connu une hyperthermie de 40,0 à 40,7°C pendant :

- 1 jour pour 8 femelles : 4 à J+1, 3 à J+4 et 1 à J+5;
- 2 jours pour 3 femelles : 2 de J+2 à J+3 et 1 à J+1 et J+5.

IV.3.1.2 TROUPEAU DE TOUMODI

Six femelles sur 30 ont fait une hyperthermie allant de 40,0 à 40,2°C dont 5 au cours d'une seule journée : 3 animaux à J+3 et 1 à J+4, et la sixième femelle pendant 2 jours (J+2 et J+3).

Dans les deux troupeaux, aucune pathologie n'a été observée et toutes les femelles gestantes et vaccinées ont mené à terme leur gestation pour donner des agneaux vivants.

IV.3.2 ANALYSE SEROLOGIQUE

Les sérums recueillis ont été analysés par le test ELISA de compétition PPR et peste bovine.

IV.3.2.1 TROUPEAU DE BEOUMI

127 sérums ont permis la recherche des anticorps anti-PPR et 126 celle des anticorps antibovipestiques. La différence sur 131 femelles suivies est due aux pertes.

Avant la vaccination : 2 sérums sur 127 (n° 2140 et 2212) se sont révélés positifs en PPR, alors que 28 sur 126 l'étaient pour la peste bovine, suite à une vaccination par erreur avec le vaccin hétérologue.

Après la vaccination, les 125 sérums (127 - 2) sont devenus positifs en anticorps anti-PPR, alors que 98 (126 - 28) restaient négatifs vis-à-vis de la peste bovine.

Dans le troupeau, sont retenues pour la conclusion de l'étude, 97 (125 - 28) femelles gestantes négatives au jour J0 (au début de l'expérience) en anticorps anti-PPR et antibovipestiques.

IV.3.2.2 TROUPEAU DE TOUMODI

L'ensemble des 30 animaux retenus étaient négatifs en anticorps anti-PPR et antibovipestiques au jour J0. En revanche, une séroconversion homologue totale a été observée sur ces femelles après la vaccination, prouvant encore l'efficacité du vaccin. A l'égard de la peste bovine, ces sérums, à l'exception des n° 727 et 728, sont restés négatifs.

Les sérums des animaux n° 727 et 728 négatifs à J0 en anticorps antibovipestiques ($PI^{29} = 26,4$ et $25,7$ respectivement) sont devenus positifs à la suite d'une vaccination par inadvertance avec le vaccin hétérologue (PI de $70,7$ et $88,7$ respectivement).

La vaccination a provoqué seulement une hyperthermie chez 17 femelles sur 161 pour les deux troupeaux réunis (d'une durée de 2 jours maximum). Les femelles ainsi vaccinées ont conduit leur gestation à terme. La séroconversion suite à la vaccination a été totale chez les 127 femelles gestantes (97 + 30), négatives en anticorps antibovipestiques et anti-PPR au jour J0.

Les anticorps antibovipestiques trouvés chez certains animaux sont d'origine vaccinale avec le vaccin hétérologue antibovipestique. En effet celui-ci est le vaccin habituellement utilisé pour la prophylaxie de la PPR.

²⁹Pourcentage d'inhibition.

IV.4 EXPERIENCE N°3 : RESULTATS DES ESSAIS EN GRANDEUR NATURE SUR LE TERRAIN DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR

IV.4.1 EN MILIEU VILLAGEOIS

IV.4.1.1 ANIMAUX VACCINES

Les résultats présentés dans *le tableau 55* montrent que 162 sérums sur 162 sont positifs (100 p.100) à J + 1 mois.

L'examen détaillé de ces données indique que, sur les 162 sérums positifs à J + 1 mois, 98 étaient négatifs à J0 alors que 74 étaient positifs au 10ème à cette date. Les 98 animaux négatifs à J0 sont devenus positifs à la suite de la vaccination. Trente six animaux parmi les 74 positifs à J0 ont eu une augmentation du titre de départ (phénomène de rappel) du fait de la vaccination. Les 38 autres ont conservé leur titre initial.

A J + 1 an : 85 sérums sur 85 sont positifs dont 63 étaient présents à J + 1 mois. Les 22 restants étaient présents uniquement à J0 dont 7 étaient positifs au 10ème. Après la vaccination, 6 ont connu le phénomène de rappel.

IV.4.1.2 ANIMAUX TEMOINS

Le tableau 56 montre qu'à J0, 16 animaux sur 76 sont déjà positifs (21 p.100). Un mois plus tard, sur ces 60 animaux négatifs, 43 sont devenus positifs (72 p.100) indiquant une forte circulation du PPRV.

A J + 1 an, seulement 8 animaux avec une sérologie négative à J0 sont retrouvés. Ils deviennent tous positifs.

IV.4.2 EN ELEVAGES ENCADRES

L'analyse, par la séroneutralisation comparative (SNVC) en 1991 et par l'ELISA de compétition PPR en 1992, de 300 sérums récoltés sur les jeunes animaux inoculés avec le vaccin homologue a donné une conversion sérologique pour 294 sérums (98 p.100). En fait, les 6 restants (1 cas en 1991 et 5 en 1992) avaient un titre supérieur avec l'antigène homologue RPV (RBOK) en SNVC, donc étaient positifs en sérologie de la peste bovine. Ils étaient négatifs en sérologie de la PPR en ELISA de compétition PPR.

IV.4.3 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DE LA REGION D'ETUDE

IV.4.3.1 VILLAGES VACCINES

Les tournées de contrôle de 1990 et 1991, conjuguées aux visites régulières des agents de terrain ont permis de vérifier l'absence de foyer de PPR dans les villages concernés.

Par contre, en mai 1992, un foyer de PPR était dépisté dans un village vacciné de la région de Vavoua. Il était dû à l'importation de moutons en incubation de PPR du Burkina-Faso. Ces animaux importés ont succombé à la maladie. Un de ces élevages a été particulièrement suivi au cours de cette épizootie, où la mortalité a touché 10 p.100 des jeunes de moins d'un an (7 mois environ, non vaccinés en 1991) sur un effectif de 60 têtes. Cette classe d'âge a été également atteinte dans les autres élevages vaccinés et contaminés. Les animaux vaccinés avec le vaccin homologue (vérifié par la présence du trèfle marqué à l'emporte-pièce réalisé lors de la vaccination à J0) ont résisté au contagé.

Ces foyers ont été rapidement circonscrits et jugulés par une vaccination avec le vaccin hétérologue, le vaccin homologue n'étant plus disponible.

IV.4.3.2 VILLAGES TEMOINS

Plusieurs foyers ont été dépistés dans la région de Vavoua, à chaque fois, avec un taux de mortalité très élevé. Des prélèvements ont pu être effectués sur des animaux convalescents. L'analyse par la SNV a confirmé ces cas cliniques de PPR. Dans la région de Divo, des foyers de PPR ont été également signalés par les paysans. Les symptômes décrits sont précis et typiques de la PPR. De ce fait, les paysans ont refusé, dans plusieurs villages, le prélèvement sanguin de contrôle de J + 1 an et/ou de J + 2ans, accusant le "vaccin" d'avoir aggravé la situation ou du moins de n'avoir rien apporté à la communauté villageoise. Rappelons que les troupeaux de ces villages témoins ont été inoculés avec de l'eau physiologique.

La vaccination des petits ruminants avec le vaccin homologue sur le terrain a confirmé les études en laboratoire en induisant une séroconversion totale. Les villages témoins où les animaux ont reçu de l'eau physiologique ont été victimes de l'épizootie annuelle de PPR. De même, dans les villages vaccinés, une flambée épizootique, due à l'introduction d'animaux de PPR, a atteint les jeunes animaux non vaccinés. Nous avons assisté de ce fait, dans ces élevages, à une "épreuve virulente naturelle".

La séroconversion obtenue dans les villages témoins indique une forte circulation du PPRV.

TABLEAU 55 : RESULTATS SEROLOGIQUES DES TROUPEAUX VACCINES
 AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR

REGION	J0			J+1mois			J+1an		
	NOMBRE DE SERUMS	POSITIFS		NOMBRE DE SERUM	POSITIFS		NOMBRE DE SERUMS	POSITIFS	
		No*	p.100		No*	p.100		No*	p.100
DIVO	57	33	58	50	50 10**	100	12	12	100
MAN	6	2	33	5	5 3**	100	6	6	100
VAVOUA	107	39	36	107	107 23**	100	67	67 6**	100
TOTAL	170	74	44	162	162 36**	100	85	85	100

* : nombre de sérums.

** : nombre de sérums ayant connu l'effet de rappel après la vaccination.

TABLEAU 56: RESULTATS SEROLOGIQUES DES TROUPEAUX TEMOINS NON VACCINES
AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR

REGIONS	J0			J + 1 mois			J + 1 an		
	NOMBRE DE SERUMS	POSITIFS		NOMBRE DE SERUMS	POSITIFS		NOMBRE DE SERUMS	POSITIFS	
		No*	p.100		No*	p.100		No*	p.100
DIVO	1	1	100	0	0	0	1	1	100
MAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VAVOUA	75	15	20	60**	43	72	7	7	100
TOTAL	76	16	21	60**	43	72	8	8	100

* : nombre de sérums.

** : obtenu en soustrayant du nombre de sérums à J0 le nombre de sérums positifs à J0.

IV.5 EXPERIENCE N°4 : DEVENIR D'UNE SOUCHE SAUVAGE PPRV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE OU HETEROLOGUE

IV.5.1 APRES VACCINATION

2 animaux sur 12 ont fait de l'hyperthermie :

- l'un dans le lot n°2 (vaccin homologue PPR : 6 animaux pour les lots 1 et 2) : de 40 à 40,2°C sur 5 jours (J+7 à J+11),
- l'autre dans le lot n°4 (vaccin hétérologue antibovipestique : 6 animaux pour les lots 3 et 4) : de 40,1 à 40,8°C sur 11 jours (J+1 à J+11). Cet animal est mort à J+13, avant l'épreuve virulente, et l'autopsie a révélé un ictère franc.

En dehors de ces cas isolés, les animaux vaccinés, aussi bien avec le vaccin homologue qu'avec le vaccin hétérologue, ont gardé une courbe de température normale, confirmant l'innocuité du vaccin homologue mais aussi du vaccin hétérologue.

IV.5.2 APRES EPREUVE VIRULENTE

Tous les animaux, vaccinés soit avec le vaccin homologue (lots 1 et 2) soit avec le vaccin hétérologue (lots 3 et 4) et éprouvés par l'une des deux voies : oro-nasale (lots 2 et 4) ou sous-cutanée (lots 3 et 4) ont gardé une courbe de température normale et n'ont manifesté aucun symptôme de la PPR. Il en est ainsi des sujets contact, à l'exception de l'animal contact n°39 du lot 3 qui a fait une hyperthermie de 40° à 40,2°C sur 3 jours : J' + 3 à J' + 5 sans autres symptômes évoquant la PPR.

Deux sujets contact sont morts dans le lot 2 avec des symptômes nerveux (encore une fois) durant la période post-épreuve virulente. L'autopsie a confirmé l'absence de lésions imputables à la PPR et l'analyse de laboratoire donnait des résultats négatifs en culture cellulaire et en IDG.

- A l'opposé, les 5 animaux témoins d'épreuve des lots 5 et 6 et leurs 3 sujets contact non éprouvés ont tous développé la maladie : 4 témoins et 3 animaux contact en sont morts (seul le n°20 du lot 6 en a guéri) (*tableau 57*).

IV.5.3 ANALYSE SEROLOGIQUE (*tableau 58*)

La vaccination avec l'un ou l'autre des deux types de vaccin a engendré une conversion sérologique de tous les animaux concernés.

L'épreuve virulente a occasionné une chute des titres sérologiques (cf IV.2.3.3). Cependant il a été remarqué que la diminution du titre est plus importante après l'épreuve par voie sous-cutanée que par voie oro-nasale (surtout à la suite de la vaccination avec le vaccin homologue). En effet la souche d'épreuve doit être en partie neutralisée par des anticorps locaux, en particulier les IgA, après inoculation par la voie oro-nasale alors qu'elle serait directement en contact avec les anticorps

homologues après une administration par voie sous-cutanée. Il semble aussi que la chute du titre est plus prononcée quand l'animal a été inoculé avec le vaccin homologue (4 chutes sur 6) qu'avec le vaccin hétérologue (1 chute sur 5). L'explication probable est que la reconnaissance entre un antigène et un anticorps homologues est supérieure à celle entre un antigène et un anticorps hétérologues et ce, malgré la bonne immunité croisée entre les virus RPV et PPRV. De ce fait la rencontre homologue induirait une chute de titre plus forte.

Les sujets contact non éprouvés sont restés négatifs, de même que les témoins d'épreuve sauf le témoin n° 37 : avec une sérologie positive au 10ème avant l'expérience, et l'ayant conservée, a été atteint de la PPR mais n'en est pas mort (fait déjà constaté dans l'expérience n° 1).

Les animaux vaccinés avec le vaccin homologue ou hétérologue ont résisté à l'épreuve virulente mais surtout ils ont été incapables de contaminer les sujets contact non éprouvés qui sont restés séronégatifs; ce qui laisse supposer que le virus n'a pas été excrété par les animaux vaccinés et éprouvés ou alors si faiblement excrété que l'infection des sujets contact n'a pas été possible.

IV.6 EXPERIENCE N°5 : DEVENIR D'UNE SOUCHE VIRULENTE DE RPV CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE

IV.6.1 ANIMAUX VACCINES

Le suivi clinique des animaux vaccinés a révélé un état de santé parfait durant les trois semaines d'observation.

Après l'épreuve virulente, les chèvres vaccinées et éprouvées et les animaux de contact non éprouvés du bâtiment 1 n'ont fait aucune hyperthermie et n'ont exprimé aucun symptôme rattachable à la peste bovine durant les 24 jours d'observation.

L'analyse sérologique a montré que les 4 chèvres vaccinées ont obtenu une bonne séroconversion avec des titres allant de 1/20 à 1/40. Après l'épreuve virulente, ces sujets voient leur titre anticorps décroître (de 1/10 à 1/20) quinze jours plus tard. Les animaux contact (bovins et chèvres) sont restés négatifs (*tableau 59*).

La situation se présente différemment dans le bâtiment 2 qui hébergeait les chèvres témoins éprouvés.

TABLEAU 57 :

**VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR
EXPERIENCE N° 4 : SUIVI POST-VACCINAL
ET POST-EPREUVE VIRULENTE**

TABLEAU 57

Lots	Type Animal	Courbe Température pendant 15 jours après vaccination	Courbe Température pendant 21 jours après épreuve	Symptômes	Nombre de morts	Lésions	Observations
1	3 vaccinés 1 contact	courbe normale	courbe normale	-	-	-	
2	3 vaccinés	1 courbe d'hyperthermie 40-40,2 de J +7 à J +11	courbe normale	-	-	-	
	2 contacts 1 h après 2 contacts 24 h après		courbe normale courbe normale	signes nerveux raideur membres, encolure decubitus latéral	2 : J'+8 J'+13 1 à J'+3	épanchement péricardique "	Suspicion de rickettsiose aucun signe ni lésion évoquant la PPR "
3	3 vaccinés 1 sujet contact	courbe normale	courbe normale Hyperthermie 40°c à 40,2° sur 3 jours J'+3 à J'+5	- -	- -	- -	
4	3 vaccinés 1 sujet contact	1 courbe d'hyperthermie 40,1-40,8 de J'+1 à J'+11		Symptômes frustrés -	1 -	ictère franc -	Mort sans PPR avant épreuve -

TABLEAU 57 (suite)

5	2 témoins non vaccinés		2 courbes d'hyperthermie 40,1-40,2°c sur 2 jours J'+7 à J'+8: 40,4 à 41,9 Hyperthermie à 40°c J'+17 à J'+18	Jetage, diarrhée abondante enduit pultacé sur langue, ulcère de l'apex lingual	2 : J'+8 J'+15 1 J'+25	pneumonie congestion intestinale ulcère "	Mort de PPR Mort de PPR
	1 contact 1 h après						
6	3 témoins non vaccinés		2 courbes d'hyperthermie 40-40,7 : J'+7 à J'+8 J'+2 à J'+5	jetage, diarrhée profonde ulcère gencives sur les 3 animaux	2: J'+10 J'+12	congestion intestinale pneumonie ulcère gencive	Morts de PPR Malade de PPR
	2 contacts 1 h après 24 h après		2 courbes d'hyperthermie 40-40,6°c: J'+12 - J'+16 J'+10 - J'+14	"	2: J'+14 J'+20	"	Mort de PPR

TABLEAU 58 :

**VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR
EXPERIENCE N° 4 : ANALYSE SEROLOGIQUE**

TABLEAU 58

Lot	Type d'animal et de vaccin	Type d'épreuve	Numéro animal	Titre avant vaccination	Titre après vaccination			Titre après épreuve			Observations cliniques	
					J +6	J +12	J +21	J'+6	J'+13	J'+22		
1	Vaccinés avec PPR 75/1	Voie sous cutanée	3	0	10	10	80	20	10	10	RAS	
			4	0	10	10	40	10	10		RAS	
27			0	20	40	40	20	10	10	RAS		
	Sujets contact 1 heure après		2	0	0	0	0	0	0	-	RAS	
2	Vaccinés avec PPR 75/1	Voie oronasale	9	0	10	10	40	20	10	10	RAS	
			22	0	10	10	10	10	10	10	RAS	
			34	0	20	20	40	40	40	-	RAS	
	Sujets contact - 1 h après		11 1492	0 0				0 0	0 -	- -	Mort sans PPR Mort sans PPR	
	- 24 h après		6 7	0 0				0 0	- 0	- 0	Mort sans PPR RAS	
3	Vaccinés avec RBOK	Voie sous cutanée	8	0	40	80	80	40	40	-	RAS	
			16	0	10	20	20	20	20	-	RAS	
24			0	10	20	20	20	20	-	RAS		
	Sujets contact 1 heure après		39	0	0			0	0	0	RAS	
4	Vaccinés avec RBOK	Voie oronasale	15	0	10	20	80	80	80	-	RAS	
			29	10	80	-	-	-	-	-	-	Mort avant épreuve sans PPR
			41	0	10	20	20	20	20	-	-	RAS
	Sujets contact 1 heure après		25	0				0	0	0	RAS	

TABLEAU 58 (suite)

5	Témoins non vaccinés et éprouvés	Voie sous cutanée	14 37	0 10		- 10	- 10	- 10	Mort de PPR à J' +5 Symptômes de PPR
	Sujets contact 1 heure après		6	0		0	0	0	Mort de PPR
6	Témoins d'épreuve non vaccinés	Voie oronasale	5 20 43	0 0 0		0 0 0	0 - -	- 10 -	Mort de PPR Symptômes de PPR Mort de PPR
	Sujets contact - 1 h après		11	0		0	0	-	Mort de PPR
	- 24 h après		13	0		0	0	-	Mort de PPR

RAS : Rien à signaler

IV.6.2 ANIMAUX TEMOINS EPROUVES

Trois sujets sur quatre ont fait une hyperthermie de 40° à 41° C (à partir de la date à laquelle les prises de température ont commencé). Ce sont les chèvres :

- n° 1037 : 3 jours, de J' + 5 à J' + 7;
- n° 1067 : 1 jour, J' + 6;
- n° 960 : 1 jour, J' + 6.

La chèvre n° 1037 a présenté en plus des symptômes évoquant la peste bovine : toux sèche à J' + 6, poils piqués, muqueuse buccale congestionnée, diarrhée légère au début puis diarrhée profuse dans les derniers jours.

Chez l'animal n° 1067, une toux sèche a été également notée.

IV.6.3 ANIMAUX CONTACT NON EPROUVES

- Aucune hyperthermie ni symptôme n'ont été observés chez la chèvre contact n°991.

- Bovins contact : le bovin contact n° 373 a fait une poussée d'hyperthermie pendant 3 jours à partir de J' + 19 (40,5°C; 40,8°C; 40°C), puis mourant il a été sacrifié à J' + 22. Il a présenté aussi les symptômes caractéristiques de la peste bovine :

- + diarrhée légère, muqueuse oculaire congestionnée,
- + diarrhée profuse avec odeur nauséabonde,
- + lésions buccales importantes,
- + agonisant à J' + 22.

Le bovin contact n° 406 n'a pas fait d'hyperthermie et aucun symptôme significatif n'a été noté. Cependant il a été abattu le même jour que le bovin contact n° 373.

Une séroconversion a été observée sur les témoins éprouvés avec des titres de 1/10 à 1/20 et sur la chèvre contact n°991 positive au 1/10. Par contre les bovins contact sont restés négatifs (*tableau 59*).

IV.6.4 REISOLEMENT DU RPV SAUDI D'ÉPREUVE

Les ganglions prélevés sur le bovin contact n° 373 ont permis de réisoler le virus, confirmant ainsi la peste bovine. Le bovin n° 406 est resté négatif.

Les animaux vaccinés avec le vaccin homologue ont résisté parfaitement à l'épreuve virulente avec la souche virale RPV Saudi et s'avèrent incapables d'excréter le virus virulent (ou l'excrètent en si faible quantité qu'il n'y aurait pas une infection des sujets contact). De tels sujets sont donc aptes à interrompre le cycle épidémiologique du RPV. Les petits ruminants infectés par le RPV sont atteints d'une peste bovine authentique et peuvent la transmettre à des bovins en contact étroit. Il est possible aussi qu'ils présentent une infection inapparente comme la chèvre contact n° 991. Ce qui peut constituer un risque majeur pour le cheptel bovin.

TABLEAU 59: VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1. EXPERIENCE N° 5 :
ANALYSE SEROLOGIQUE ET OBSERVATIONS CLINIQUES

BATIMENT	N° D'IDENTIFICATION	VACCINATION	EPREUVE	PERIODE POST VAC.	PERIODE POST EPREUVE	OBSERVATIONS CLINIQUES
1 ANIMAUX VACCINES	1764	+	+	40	10	Aucun symptôme
	1768	+	+	40	10	
	997	+	+	20	10	
	994	+	+	40	20	
	CHEVRES CONTACT					
	1033	-	-		-	
	279	-	-		-	
	BOVINS CONTACT					
	404	-	-		-	
	405	-	-		-	
2 ANIMAUX TEMOINS	1037	-	+		10	Symptômes de peste bovine
	695	-	+		10	
	1067	-	+		10	Hypertermie: J'+6
	960	-	+		20	
	CHEVRE CONTACT					
	991	-	-		10	Aucun symptôme
	BOVINS CONTACT					
	373	-	-		-	Symptômes typiques de peste bovine
	406	-	-		-	Aucun symptôme manifeste de peste bovine

Le titre sérologique indiqué correspond à l'inverse de la dernière dilution de sérum encore capable de neutraliser le virus.

Post vac. : post-vaccinale.

CHAPITRE V : RESULTATS DU TEST DE DIAGNOSTIC PAR PCR

Plusieurs tests existent actuellement pour mettre en évidence les anticorps anti-RPV : la SNV, l'ELISA indirect, l'ELISA de compétition. Cette dernière technique est non seulement sensible et spécifique mais est rapide, d'une exécution simple et reproductible. L'ensemble de ces tests participe au contrôle de l'efficacité des campagnes de prophylaxie, à la surveillance épidémiologique du cheptel en détectant une conversion sérologique due à la vaccination dans un cas ou au passage du RPV dans l'autre.

Les tests permettant la détection des antigènes RPV sont par contre limités : l'isolement en culture cellulaire suivie d'un test d'identification (par la sérologie ou par l'inoculation à des animaux : bovin et petits ruminants), l'IDG, l'électrosynérèse. Ces techniques sont soit peu spécifiques et peu sensibles (pour l'IDG et l'électrosynérèse) soit trop longues d'exécution (pour l'isolement en culture de cellules). Se servant de la biologie moléculaire, DIALLO et al. (1987) ont pu différencier les deux virus par leur profil de migration après une électrophorèse en gel de polyacrylamide de la nucléoprotéine (N). Puis des sondes radioactives spécifiques soit du RPV soit du PPRV ont été développées (DIALLO et al., 1989a). Malgré leurs qualités (spécificité, sensibilité et reproductibilité), ces sondes restent toutefois d'un emploi limité, surtout dans les pays où sévit la peste bovine parce que ne disposant pas de laboratoire équipé pour manipuler les radio-éléments. Des sondes non-radioactives (toujours à partir du gène N de chacun des deux virus) ont été parallèlement développées (PANDEY et al., 1992) mais la sensibilité reste inférieure aux sondes radioactives.

La tentative d'éradication de la peste bovine en Afrique suppose un diagnostic clinique rapide de tout foyer de maladie, des tests de vérification des campagnes de vaccination (sérologie post-vaccinale) et une technique qui permette la confirmation d'éventuels foyers ou qui prouve la circulation de toute souche de RPV à travers les populations animales réceptives. De plus, en toute fin de prophylaxie, il s'impose d'avoir un test très sensible et spécifique pour dépister l'agent causal et tous ses variants (s'il en existe). C'est pourquoi notre choix s'est porté sur la technique de PCR pour tenter de résoudre ce problème qui nous attend.

V.1 METHODE D'EXTRACTION DE L'ARN VIRAL

La technique de PCR nécessite la purification préalable de l'acide nucléique (dans la plupart des cas). La méthode d'extraction au phénol-chloroforme (AUSUBEL et al., 1993) ou à l'aide d'une solution d'isothiocyanate de guanidium 4M et de phénol-chloroforme (CHOMCZYNSKI et al., 1987) est longue (supérieure à 2 heures) et ne permet pas de traiter plusieurs échantillons à la fois, donc difficile à

utiliser pour le diagnostic courant au laboratoire. Récemment, d'autres techniques rapides de purification des acides nucléiques, à partir de préparation de plasmides ou incorporés dans un gel d'agarose, avec des billes de verre ou de silice, ont été décrites par plusieurs auteurs (VOGELSTEIN et al., 1979; DAVIS et al., 1986). Plus tard le même procédé a permis d'extraire l'ARN à partir d'échantillons biologiques (urine, sang, culture cellulaire), après 90 min d'incubation (échantillon + billes de verre ou de silice) (YAMADA et al., 1990; McCAUSTLAND et al., 1991) ou après 10 min pour la purification de l'ADN (YAMAGUCHI et al., 1992).

La technique de purification que nous avons développée, utilise une suspension cellulaire (infectée) ou du surnageant de broyat d'organe auquel nous ajoutons une solution de lyse et le RNaid. Après une incubation à la température du laboratoire suivie de 3 lavages, l'ARN est élué de son support (RNaid) avec de l'eau traitée au DEPC. Pour optimiser l'extraction de l'ARN les essais suivants ont été effectués :

- comparaison de deux solutions de lyse : NaI 6M et GuSCN 6M;
- détermination du temps d'incubation du mélange : RNaid + échantillon. Les temps suivants ont été testés : 5 min, 10 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min;
- effet du pH du milieu réactionnel.

L'ARN extrait dans ces conditions a été déposé sur une membrane par dot-blot puis hybridé avec la sonde NRPV (obtenue après marquage radioactif du cDNA du gène N entier) et mis en autoradiographie. Nous avons trouvé que la fixation de l'ARN est bonne aux différents temps d'incubation et ce, aussi bien en milieu NaI qu'en présence d'une solution d'isothiocyanate de guanidium. Mais l'incubation pendant 5 min avec l'isothiocyanate de guanidium est apparue meilleure, visible à la taille et à l'intensité des dépôts (*fig. 13*). En plus, l'isothiocyanate de guanidium a l'avantage de protéger l'ARN contre la dégradation par une ribonucléase. Enfin l'échantillon peut être conservé dans cette solution sans nécessiter de chaîne du froid. Ceci constituant un avantage en milieu tropical.

Le RNaid utilisé élimine également les inhibiteurs, fréquents dans les prélèvements biologiques (YAMAGUCHI et al., 1992).

L'ARN de cellules non infectées, extrait dans les mêmes conditions n'a pas été révélé par la sonde NRPV prouvant ainsi sa spécificité à l'égard du gène NRPV .

La détermination du pH du milieu réactionnel pour une meilleure fixation de l'ARN viral montre que le pH influe de façon notable sur la bonne fixation de l'ARN sur le support de RNaid. En effet, la quantité d'ARN lié au support en milieu neutre est supérieure à celle obtenue en milieu acide (pH 4,5-5,5) (*fig. 14*), contrairement à ce que préconise McCAUSTLAND et al. (1991).

Pour connaître l'intégrité de l'ARN extrait, nous avons soumis à électrophorèse 5 échantillons de RPV (souches : Egypte, Yémen, RBOK, RPVL, RBT/1) après avoir déposé environ 5 μg d'ARN par puits. La *figure 15* montre que l'ARN n'est pas dégradé.

Cette méthode d'extraction au "RNaid" est utilisée ensuite pour obtenir l'ARN viral quelle que soit l'origine du prélèvement.

Ainsi l'extraction de l'ARN en milieu à pH neutre (milieu sans acide acétique à 10 p. 100) avec la solution d'isothiocyanate de guanidium 6M (pour une concentration finale 4M) pendant 5 min d'incubation a été retenue pour son efficacité.

V.2 AMPLIFICATION GENIQUE DES SOUCHES DE RPV

Le couple d'amorces B12/B2 a été choisi dans la partie 3'-terminale du gène NRPV, pour permettre d'amplifier une séquence de façon spécifique en un fragment long de 297 pb d'après la séquence connue de ce gène. Le but essentiel est de différencier ce virus (RPV) du PPRV.

Nous avons choisi d'utiliser le gène de la protéine N parmi les six protéines structurales parce que l'ARNm lui correspondant est synthétisé en grande quantité lors d'une infection par le RPV. Cela devrait augmenter la sensibilité du test.

Il existe une grande variabilité dans la virulence des souches de RPV (TAYLOR, 1986; CHAMBERLAIN et al., 1993) et au niveau du gène NRPV (DIALLO et al., 1987). Ceci nous a amené donc à étendre notre étude à toutes les souches de RPV dont dispose le CIRAD/EMVT, pour nous assurer que les amorces B12/B2 sont capables d'amplifier la séquence spécifique du gène NRPV, chez toutes ces souches.

Un μl de l'ARN obtenu de chacune des 13 souches de RPV à partir de suspension cellulaire par la méthode d'extraction au RNaid, a été engagé dans la réaction de RT-PCR. Le fragment attendu de 297 pb est visible à l'électrophorèse avec un gel d'agarose à 2 p. 100 coloré au bromure d'éthidium. Cependant 4 souches (Buffalo Nigeria, Egypte, RBT/1, RGK) donnent un second fragment de 190 pb environ, se distinguant ainsi des autres souches RPV (*fig. 16*). L'élévation de la température d'hybridation des amorces à 62°C n'a pas fait disparaître ce second fragment de 190 pb. Il paraît donc spécifique de ces souches qui porteraient alors d'autres sites d'hybridation des amorces B12/B2 sur le gène NRPV.

EXTRACTION DE L'ARN VIRAL AU "RNaid" :
 DETERMINATION DU TEMPS D'INCUBATION ET DE LA SOLUTION DE LYSE
 (THIOCYANATE DE GUANIDIUM 6 M ET NaI 6M)

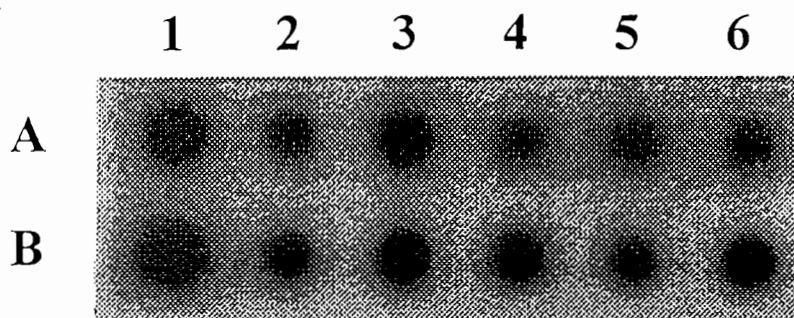


Figure13: A: NaI 6 M.
 B: Thiocyanate de guanidium 6 M.

1: 5 minutes 2: 10 minutes 3: 30 minutes
 4: 60 minutes 5: 90 minutes 6: 120 minutes

Hybridation avec une sonde NRPV radioactive.

EXTRACTION DE L'ARN VIRAL AU "RNaid".
 DETERMINATION DU PH OPTIMAL DU MILIEU REACTIONNEL.

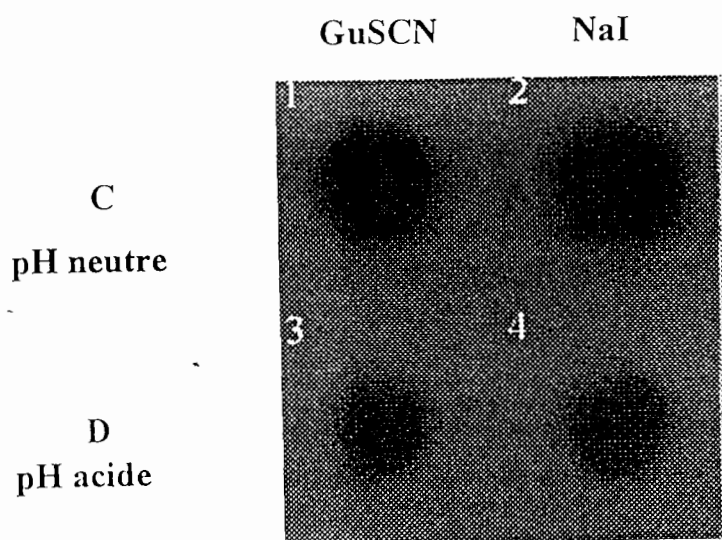


Figure 14: pH neutre = dépôts 1 et 2.
 pH 4,5-5,5 = dépôts 3 et 4.

Electrophorèse de l'ARN extrait au "RNaid"

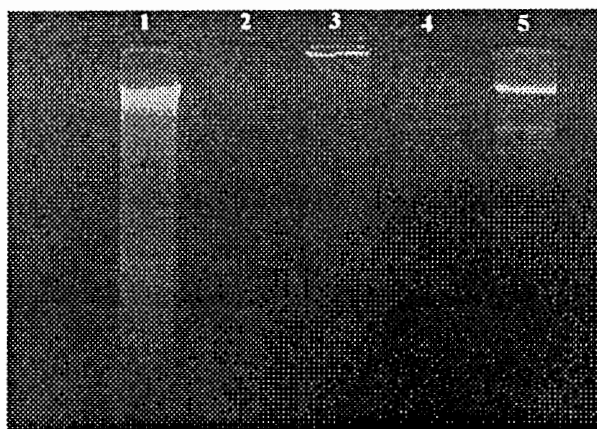


Figure 15: Puit n°1: Souche Egypte.)
 Puit n°2: Souche Yemen.) Quantité d'ARN déposée
 Puit n°3: Souche RBOK.)
 Puit n°4: Souche RPVL.) = environ 5 µg.
 Puit n°5: Souche RBT/ 1.)

AMPLIFICATION DU GENE NRPV AVEC LE COUPLE D'AMORCES B12/B2. ELECTROPHORESE EN GEL D'AGAROSE A 2 p.100.

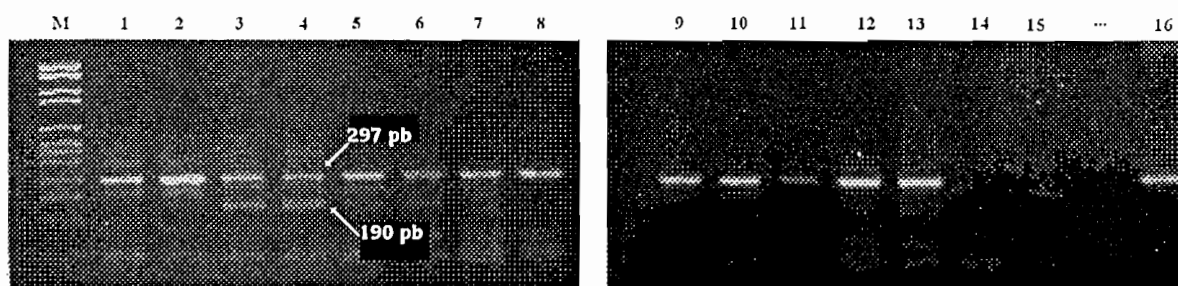


Figure 16: 1: RBOK 2: RPVL 3: Buffalo Nigéria 4: Egypte
 5: RGK 6: RBT/1 7: Sokoto 8: Irak
 9: Liban 10: Pakistan 12: Saudi 11: Pendik
 13: Yémen 14: Eau bidistillée 15: témoin cellules 16: cDNA RPV.
 M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

V.3 SPECIFICITE DU COUPLE D'AMORCES B12/B2

La confirmation du fragment attendu (donc de la spécificité de B12/B2) est obtenue par :

- l'essai d'amplification du gène N du PPRV,
- la restriction du fragment avec l'enzyme RsaI,
- l'hybridation moléculaire.

V.3.1 ESSAI D'AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE B12/B2

Les petits ruminants peuvent être infectés par le RPV et le transmettre à des bovins en contact étroit. De ce fait, ils sont concernés par les études épidémiologiques portant sur la peste bovine. Les petits ruminants sont aussi infectés par le PPRV avec une expression clinique semblable à celle engendrée par le RPV. Le diagnostic clinique doit nécessairement être confirmé au laboratoire. Ainsi, dans le but d'une identification spécifique du RPV, nous avons essayé les amorces B12/B2 sur le gène N des souches de PPRV.

Ce couple d'amorces employées dans les mêmes conditions n'est pas capable d'amplifier le gène N des différentes souches de PPRV (*fig. 17*). La spécificité de ces amorces B12/B2 pour le gène NRPV est aussi confirmée par la sonde SB1 (spécifique du fragment amplifié par les amorces B12/B2 du gène NRPV) qui ne révèle aucun signal après un transfert des produits de PCR par Southern-blot (*fig. 17*).

V.3.2 RESTRICTION DES FRAGMENTS D'AMPLIFICATION PAR RsaI

La recherche des sites de restriction à l'intérieur de la séquence amplifiée par le couple B12/B2 du gène NRPV a donné plusieurs enzymes. Le choix s'est porté sur une enzyme, RsaI, pour les raisons suivantes :

- aucun site correspondant à cette enzyme n'est présent sur le fragment amplifié par les amorces P1/P2 du gène NPPRV;
- deux sites de restriction lui correspondant génèrent trois fragments : 50, 47 et 200 pb d'après la séquence du gène NRPV (*annexe 17*).
- cette enzyme est d'emploi courant en biologie moléculaire et d'un prix relativement bas.

Le produit de PCR de chacune des 13 souches du RPV, est précipité en présence d'acétate d'ammonium et d'éthanol absolu. Après une incubation à -70°C pendant 30 min suivie d'une centrifugation, le culot est lavé avec de l'éthanol à 70 p.100, séché et repris avec 20 µl d'eau distillée. Dix µl reçoivent 1 µl RsaI à 10 U/µl puis le mélange est incubé à 37°C pendant 1 heure.

La restriction par l'enzyme RsaI de la séquence amplifiée de 297 pb du gène NRPV donne 2 fragments visibles après une électrophorèse en gel d'agarose à 3 p.100. Ces deux fragments ont une taille de 200 pb et 97 pb respectivement. Pour l'une des souches, un fragment supplémentaire d'environ 240 pb est visible. Les fragments de 97 et 240 pb peuvent trouver leur origine dans une digestion partielle due, soit à une perte d'activité partielle de l'enzyme, soit à une modification d'un des sites de restriction de RsaI lors de l'amplification génique. Ces hypothèses ont été confirmées par la restriction des produits d'amplification réalisée ultérieurement et qui ne montre que le fragment attendu de 200 pb. Les fragments de 50 et 47 pb, théoriquement présents, n'étant pas visibles après électrophorèse. Les fragments amplifiés de toutes les souches de RPV par les amorces B12/B2 du gène NRPV ont été clivés par RsaI (*fig. 18*).

V.3.3 HYBRIDATION MOLECULAIRE

L'oligonucléotide SB1 a été déterminé à l'intérieur du fragment amplifié par les amorces B12/B2 du gène NRPV. Puis il a été marqué avec la DIG-11-dUTP pour être utilisé comme une sonde interne. Les produits d'amplification ont été transférés par la technique de Southern-blot sur une membrane de nylon, fixée à la chaleur puis hybridée avec la sonde interne SB1. Les résultats présentés dans la *figure 19* ont confirmé l'existence de deux groupes à l'intérieur des souches de RPV : les unes (possédant un seul fragment de 297 pb après l'amplification génique: RBOK, RPVL, Sokoto, Irak, Liban, Pakistan, Pendik, Saudi, Yémen) sont révélées par ladite sonde; les autres (montrant deux fragments de 297 pb et 190 pb respectivement : Egypte, RGK, RBT/1, Buffalo Nigeria) ne s'hybrident pas avec la sonde SB1. Par contre la sonde PBRS 1398 (l'oligonucléotide a été aussi choisi à l'intérieur du fragment amplifié par B12/B2 et marqué avec la DIG-11-dUTP) s'hybride avec les séquences amplifiées par B12/B2 de toutes les souches de RPV y compris les souches : Egypte, RGK, RBT/1, Buffalo Nigeria.

Les sondes SB1 et PBRS 1398 ne reconnaissent pas le fragment amplifié par les amorces P1/P2 du gène NPPRV.

AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE D'AMORCES B12/B2.
ELECTROPHORESE EN GEL D'AGAROSE A 2 p.100.

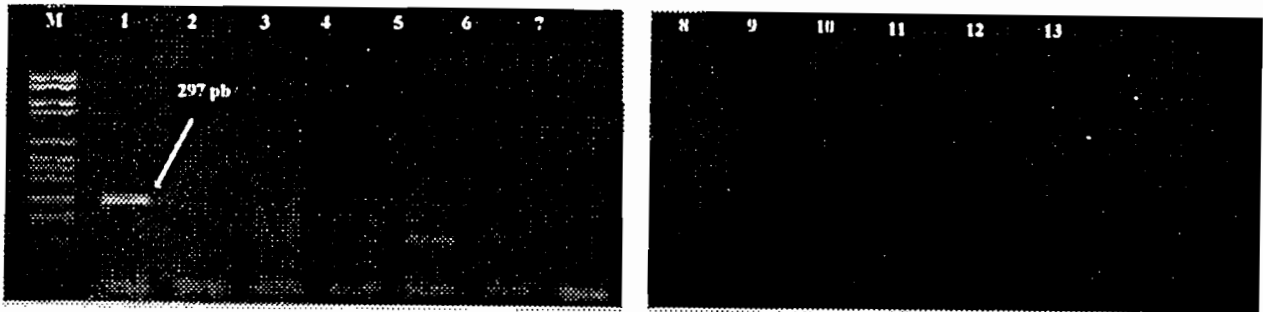


Figure 17: 1: Yémen (RPV, témoin positif); 2: PPR 75/1 souche vaccinale;
3: PPR 75/1 souche sauvage; 4: Burkina-Faso; 5: Côte d'Ivoire;
6: Centrafrique; 7: Egypte; 8: Mieliq; 9: Sénégal; 10: Sinnar;
11: Dorcas; 12: Ibri; 13: Israel.
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE D'AMORCES B12/B2.
TRANSFERT DES PRODUITS D'AMPLIFICATION
ET HYBRIDATION AVEC LA SONDE SB1.

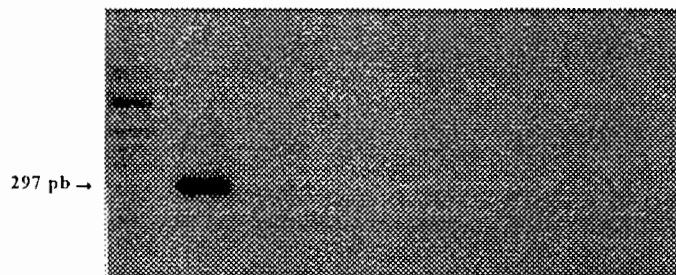


Figure 17': La sonde SB1 reconnaît le témoin positif (Yémen, RPV).
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

**ESSAI DE RESTRICTION PAR L'ENZYME Rsa I DES PRODUITS D'AMPLIFICATION
OBTENUS AVEC LE COUPLE D'AMORCES B12/B2.**

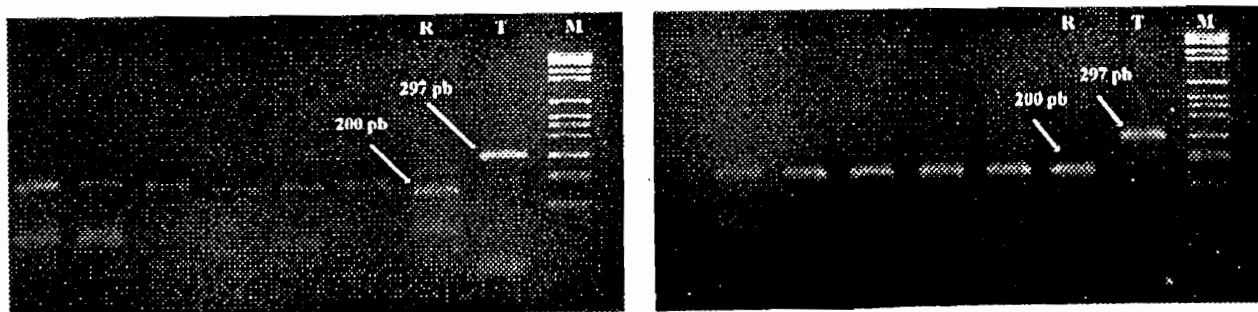


Figure 18 : T: Témoin non restreint.
R: Fragment restreint
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

**AMPLIFICATION DU GENE NRPV AVEC LE COUPLE D'AMORCES B12/B2.
TRANSFERT DES PRODUITS D'AMPLIFICATION SELON SOUTHERN
ET HYBRIDATION AVEC LA SONDE SB1.**

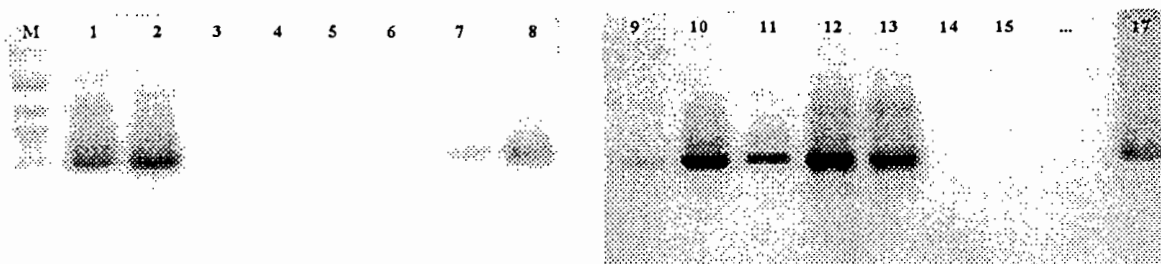


Figure 19: 1: RBOK; 2: RPVL; 3: Buffalo Nigéria; 4: Egypte; 5: RGK; 6: RBT/1; 7: Sokoto;
8: Irak; 9: Liban; 10: Pakistan; 11: Pendik; 12: Saudi; 13: Yémen;
14: Eau bidistillée; 15: témoin cellules; 17: cDNA RPV.
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

V.4 AMPLIFICATION DU GÈNE NPPRV AVEC LE COUPLE D'AMORCES P1/P2

Le couple d'amorces P1/P2 a été choisi sur le gène NPPRV dans la partie 3'-terminale pour amplifier un fragment spécifique dont la taille est de 296 pb d'après la séquence de ce gène, en vue d'une identification différentielle avec le RPV. Ces amorces P1/P2 ont amplifié cette séquence du gène N des souches de PPRV (75/1 sauvage, 75/1 vacinale, Côte-d'Ivoire, Burkina-Faso, RCA, Egypte, Sénégal, Ibris, Dorcas, Sinnar, Mieliq, Israël), après extraction de l'ARN de cellules infectées avec chacune des 12 souches par la méthode au RNaid. Le fragment attendu de 296 pb est visible après l'électrophorèse sur un gel d'agarose à 2 p.100 coloré au bromure d'éthidium. Cependant, la souche Israël a un profil différent avec 3 fragments dont un de 296 pb (*fig. 20*). Nous ne pouvons donner à présent une explication plausible sur l'origine des deux fragments supplémentaires encadrant la séquence principale de 296 pb.

Ce couple d'amorces P1/P2 est incapable d'amplifier le gène NRPV démontrant la spécificité de ces amorces pour les souches de PPRV (*fig. 21*).

Pour confirmer nos analyses sur la séquence du gène NPPRV concernant la restriction par l'enzyme RsaI du fragment amplifié de 296 pb, nous avons soumis à l'action de cette enzyme, les produits d'amplification des 12 souches de PPRV. Il s'est révélé que l'enzyme RsaI ne possède aucun site de restriction dans la séquence amplifiée par P1/P2 (*fig. 22*). Ceci constitue un argument supplémentaire d'identification différentielle entre les deux virus.

Les produits d'amplification ont été transférés selon la technique de Southern-blot sur une membrane de nylon chargée positivement, puis hybridés avec la sonde interne SP1 (obtenue après marquage à la DIG-11-dUTP d'un oligonucléotide choisi à l'intérieur du fragment amplifié par les amorces P1/P2). La *figure 23* montre que la sonde SP1 détecte le fragment de 296 pb généré par le couple d'amorces P1/P2, chez toutes les souches de PPRV y compris la souche Israël. Par contre elle ne peut s'hybrider avec les fragments amplifiés par B12/B2 du gène NRPV des souches de RPV.

AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE D'AMORCES P1 / P2.

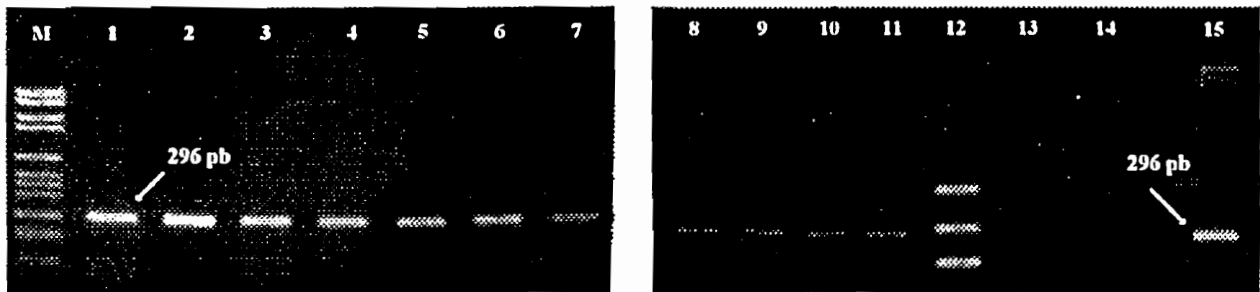


Figure 20: 1: 75/1 Vaccinale; 2: 75/1 Sauvage; 3: Burkina-Faso; 4: Côte-d'Ivoire; 5: Centrafrique; 6: Egypte; 7: Mieliq; 8: Sénégal; 9: Sinnar; 10: Dorcas; 11: Ibri; 12: Israël; 13: H2O; 14: Témoin Cellule; 15: cDNA PPRV.
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

AMPLIFICATION DU GENE NRPV AVEC LE COUPLE D'AMORCES P1 /P2.

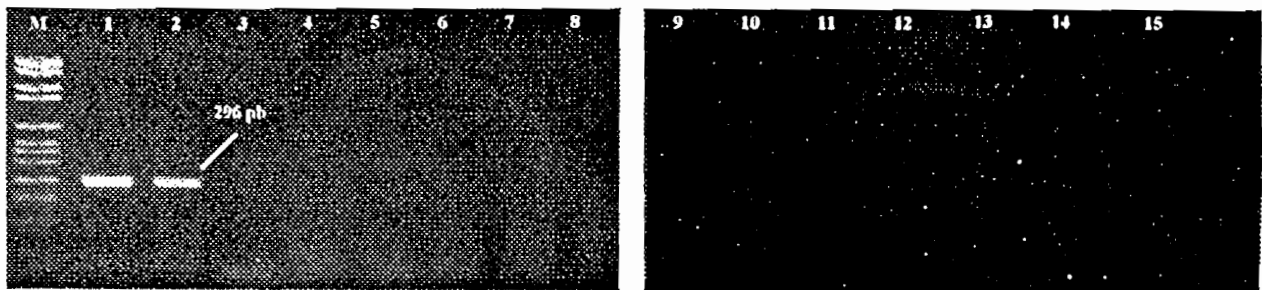


Figure 21: 1: Témoin positif, 75/1 Vaccinale 2: Témoin positif, Burkina-Faso 3: RBOK
4: RPVL 5: Buffalo Nigeria 6: Egypte 7: Sokoto
8: RBT/1 9: Irak 10: Liban 11: Pendik
12: Pakistan 13: RGK 14: Saudi 15: Yemen.
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

ESSAI DE RESTRICTION AVEC L'ENZYME *Rsa*I DES PRODUITS D'AMPLIFICATION
OBTENUS AVEC LE COUPLE D'AMORCES P1/P2.

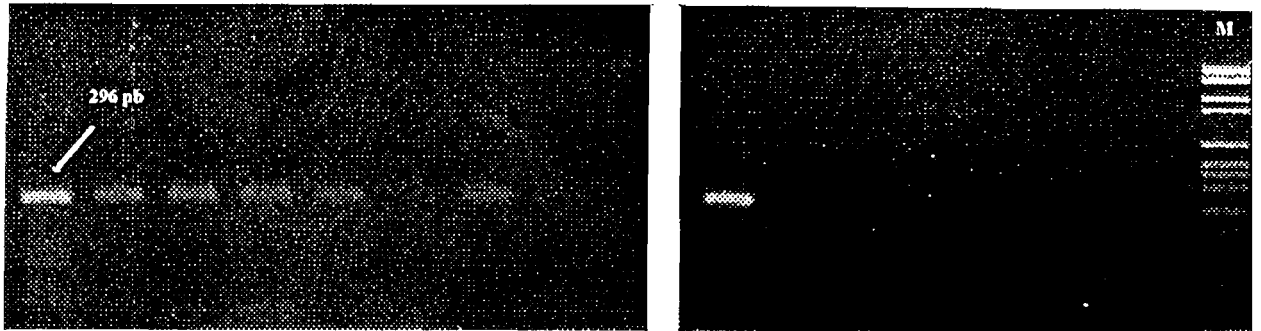


Figure 22: *Rsa* I n'est pas capable de digérer les fragments amplifiés par P1/P2.

AMPLIFICATION DU GENE NPPRV AVEC LE COUPLE D'AMORCES P1/P2.
TRANSFERT DES PRODUITS D'AMPLIFICATION
ET HYBRIDATION AVEC LA SONDE SP1.

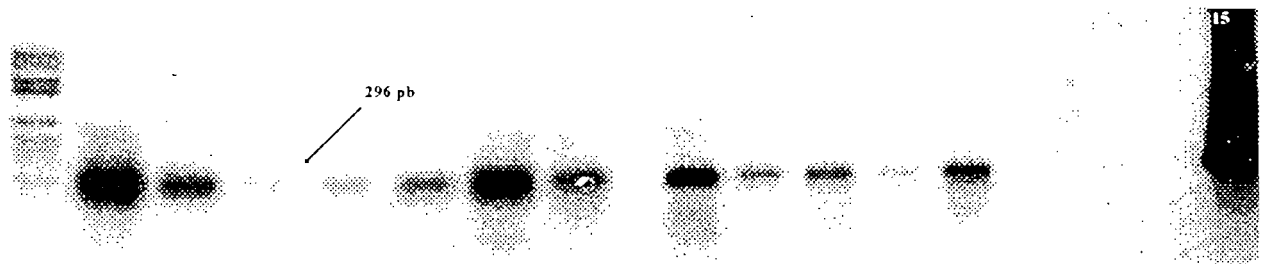


Figure 23: 1: 75/1 vaccinale; 2: 75/1 sauvage; 3: Burkina Faso; 4: Côte d'Ivoire;
5: Centrafrique; 6: Egypte; 7: Mieliq; 8: Sénégal; 9: Sinnar; 10: Dorcas;
11: Ibri; 12: Israel; 13: H₂O; 14: Témoin cellules; 15: cDNA PPRV.
M: marqueur de taille moléculaire (Marker VI, Boehringer)

V.5 DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DE LA REACTION

Cette étude visait à déterminer la quantité minimale d'ARN ou d'ADN au départ nécessaire pour l'amplification par chacun des deux couples d'amorces : B12/B2 pour le gène NRPV et P1/P2 pour le gène NPPRV.

V.5.1 A PARTIR DE cDNA DE LA SOUCHE VACCINALE RBOK

L'ADN complémentaire de RBOK cloné dans le plasmide PUC a été dilué de façon à obtenir une série de dilutions de 10 ng/ μ l à 10 fg/ μ l. Un μ l de chaque dilution a servi à la réaction de PCR en présence des amorces B12/B2. Les dilutions où le fragment spécifique a été amplifié et visible à l'électrophorèse, s'étendent de 10 ng/ μ l à 100 fg/ μ l (*fig. 24a*).

V.5.2 A PARTIR DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHE SAUDI

Les cellules infectées par la souche sauvage RPV Saudi ont permis d'établir une gamme de dilutions de 100 000 cellules/ μ l à 1 cellule/ μ l. L'ARN total de chaque dilution a été extrait par la méthode au RNaid. Un μ l de chaque éluat, correspondant à une dilution au 1/40 de la concentration initiale en cellules, a été engagé dans la réaction de RT-PCR avec les amorces B12/B2 du gène NRPV. Le seuil de détection après électrophorèse en gel d'agarose, correspond à la dilution de 100 000 cellules/ μ l soit à l'ARN extrait de 2500 cellules/ μ l.

V.5.3 A PARTIR DE L'ARN EXTRAIT DE CELLULES INFECTEES PAR LA SOUCHE VACCINALE RBOK OU YEMEN

L'ARN des souches RPV RBOK et Yémen, extrait à partir de culture cellulaire par la méthode au RNaid, a servi à établir une gamme de dilutions de 10 ng/ μ l à 10 fg/ μ l. Un μ l de chaque dilution a été utilisé dans la réaction de RT-PCR en présence des amorces B12/B2 du gène NRPV. Pour la souche vaccinale RBOK, le fragment spécifique est amplifié avec les dilutions correspondant à 10 ng/ μ l et 1 ng/ μ l, visible à l'électrophorèse. Ce qui signifie que l'ARN total extrait de la souche RBOK à la concentration de 1 ng/ μ l peut être amplifié par ses amorces B12/B2. Cette limite de détection est de 10 ng/ μ l pour la souche sauvage Yémen (*fig. 24b*). La différence existant entre les deux seuils de détection vient de la plus grande rapidité de multiplication de la souche vaccinale RBOK (souche adaptée) par rapport à la souche sauvage Yémen (donc d'une plus grande quantité d'ARN cible). Pour cette étude, nous avons retenu le caractère "isolat de terrain" en choisissant la souche Yémen au lieu de la souche Saudi utilisée ci-dessus.

V.5.4 A PARTIR DU TRANSCRIT DU PRODUIT DE PCR DE PPRV

Toutes les méthodes décrites ci-dessus ne sont pas suffisantes pour connaître avec précision la quantité d'ARN spécifique, nécessaire à la réaction. En effet, la

technique d'extraction permet d'obtenir seulement les ARN totaux.

Ainsi, le transcrit obtenu après clonage du produit d'amplification des amorces P1/P2 du gène NPPRV dans le plasmide pGEM-T a servi à établir une gamme de dilutions de 1 ng/ μ l à 1 fg/ μ l. Un μ l de chaque dilution a permis d'effectuer la réaction de RT-PCR en présence des amorces P1/P2. L'électrophorèse des produits de PCR montre l'amplification du fragment de 296 pb du gène NPPRV avec P1/P2 pour les dilutions allant de 1 ng/ μ l à 100 fg/ μ l (*fig. 24c*). Après un transfert selon la technique de dot-blot suivi d'une hybridation avec la sonde SP1, ce seuil de détection descend à 1 fg (10^{-15} g) correspondant à 44,3 fg d'ARN génomique purifié soit à $2,4 \cdot 10^3$ molécules (*fig. 25*).

Seule cette méthode permet de déterminer avec une grande précision le seuil de détection et donc l'efficacité de la réaction de RT-PCR.

V.6 ESSAI DES AMORCES B12/B2 ET P1/P2 SUR LES PRODUITS PATHOLOGIQUES

L'ARN extrait par la méthode au RNaid de produits pathologiques (poumons, lymphocytes, écouvillons nasaux) obtenus d'animaux infectés expérimentalement soit avec le RPV soit avec le PPRV, a permis de tester les deux couples d'amorces: B12/B2 pour le RPV et P1/P2 pour le PPRV. Dans chacun des cas (infection des animaux avec le RPV ou le PPRV), le fragment attendu a été observé après électrophorèse des produits de PCR. Les prélèvements effectués sur les animaux non infectés, témoins d'expérience, n'ont révélé aucun fragment en électrophorèse. Notons toutefois que le nombre d'échantillons pathologiques était limité. Cette étude devra donc se poursuivre.

La matrice RNaid avec une solution de lyse d'isothiocyanate de guanidium 6M a permis de traiter tous nos prélèvements (culture cellulaire et échantillons de terrain), pour obtenir de l'ARN RPV et PPRV dans un état correct. Un μ l de chaque suspension d'ARN a servi à la réaction de RT-PCR en vue de l'amplification du gène N de chacun des deux virus, en présence des amorces spécifiques : B12/B2 pour le RPV et P1/P2 pour le PPRV.

Les amorces B12/B2 et P1/P2 se sont montrées spécifiques du gène N des virus RPV et PPRV respectivement. L'identité de ces produits de PCR a été confirmée par des sondes oligonucléotidiques spécifiques. En plus, pour le RPV, l'enzyme de restriction RsaI clive la séquence amplifiée en donnant un fragment principal de 200 pb.

Le seuil de détection de la RT-PCR dans nos conditions (à partir du transcrit du produit de PCR de PPRV cloné dans le vecteur pGEM-T) est de $2,4 \cdot 10^5$ molécules d'ARN génomique après l'électrophorèse et de $2,4 \cdot 10^3$ molécules d'ARN génomique après l'hybridation.

Les essais sur les échantillons pathologiques, bien qu'en nombre limité, ont confirmé les résultats obtenus à partir de cultures cellulaires infectées.

DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DU TEST PCR.

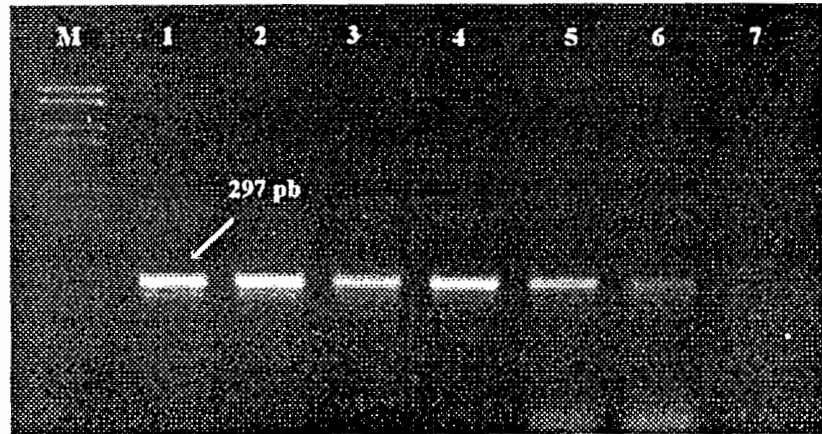


Figure 24a: cDNA RBOK.

1: 10 ng 2: 1 ng 3: 100 pg 4: 10 pg 5: 1 pg
6: 100 fg 7: 10 fg

DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DU TEST PCR.

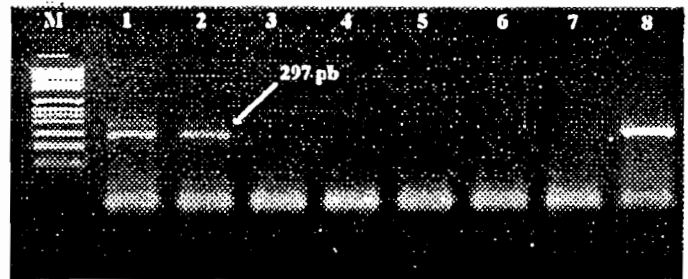
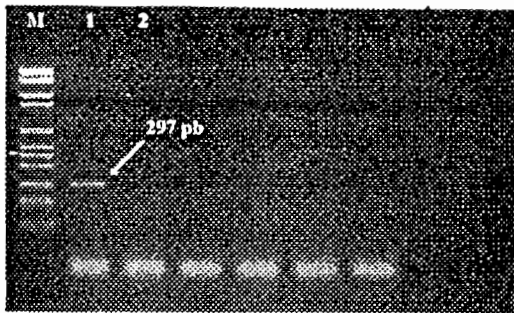


Figure 24b: Souche Yémen

Puit n°1: 10 ng.
Puit n°2: 1 ng.

Souche RBOK.

Puit n°1: 10 ng. Puit n°5: 1 pg.
Puit n°2: 1 ng. Puit n°6: 100 fg.
Puit n°3: 100 pg. Puit n°7: 10 fg.
Puit n°4: 10 pg. Puit n°8: Témoin positif.

DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DU TEST PCR.
 (CLONAGE DU PRODUIT DE PCR DANS LE PLASMIDE PGEM-T
 ET TRANSCRIPTION *IN VITRO*)
 ELECTROPHORESE EN GEL D'AGAROSE A 2 p. 100

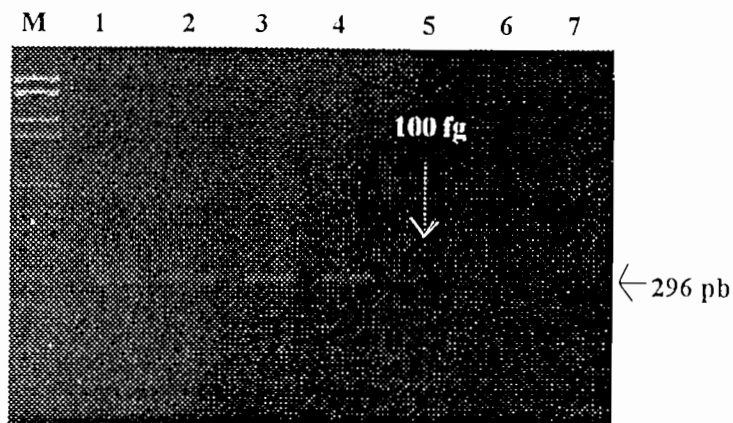


Figure 24c: 1: 1 ng 2: 100 pg 3: 10 pg 4: 1 pg 5: 100 fg 6: 10 fg
 7: 1 fg

DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DU TEST PCR.
 (CLONAGE DU PRODUIT DE PCR DANS LE PLASMIDE PGEM-T
 ET TRANSCRIPTION *IN VITRO*)
 DOT-BLOT DES PRODUITS DE PCR.

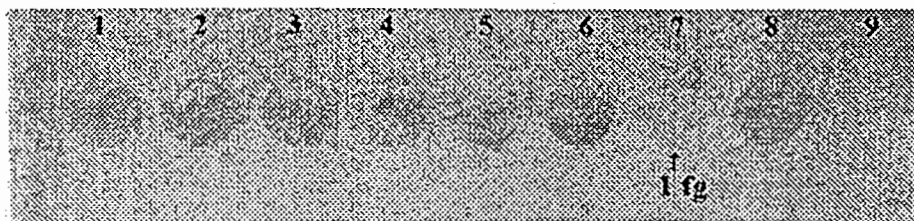


Figure 25: 1: 1 ng 2: 100 pg 3: 10 pg 4: 1 pg 5: 100 fg 6: 10 fg
 7: 1 fg 8: ARN, témoin positif 9: H₂O

PARTIE IV
DISCUSSION

Les résultats de chaque chapitre (de la partie RESULTATS) sont discutés dans le chapitre correspondant, dans cette partie. De ce fait, celle-ci comme les deux précédentes, est composée de 5 chapitres suivis par la conclusion générale :

- **CHAPITRE I** : Evaluation de l'efficacité des campagnes de vaccination.
- **CHAPITRE II** : Etude économique des campagnes de vaccination.
- **CHAPITRE III** : Recherche de la circulation du RPV chez les autres espèces animales réceptives.
- **CHAPITRE IV** : Développement d'un vaccin homologue anti-PPR 75/1.
- **CHAPITRE V** : Méthode de diagnostic différentiel du RPV par PCR.

CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE

CHAPITRE I : EVALUATION DE L'EFFICACITE DES CAMPAGNES DE VACCINATION

1.1 CAMPAGNES DE VACCINATION

Le vaccin antiovipestique, bien que thermolabile et photolabile, est fiable et confère une immunité solide (au moins 5 ans après une injection) du sujet vacciné (PLOWRIGHT et al., 1962c; PLOWRIGHT, 1984). Se basant sur cette propriété du vaccin, le PARC-CI a édifié une chaîne du froid adéquate pour permettre aux équipes de vaccination de travailler dans de bonnes conditions.

La stratégie de vaccination des deux premières années a consisté à vacciner l'ensemble des bovins de plus de 6 mois d'âge avec le vaccin bivalent (antiovipestique et antipéripneumonique) et les petits ruminants avec le vaccin monovalent antiovipestique. Chaque bovin vacciné devait porter une marque trèfle à l'oreille. Lors de la troisième année du projet, étaient concernés par la vaccination les jeunes animaux ayant atteint six mois et les adultes portant une seule marque à l'oreille.

Le taux annuel de couverture vaccinale varie d'une région à l'autre. Ce taux suit parfaitement celui de la région Nord confirmant ainsi l'importance de cette région dans l'élevage ivoirien. Les taux annuels nationaux de couverture vaccinale de 1989 (84 p.100) et de 1990 (90 p.100) sont bien supérieurs à ceux obtenus lors des campagnes panafricaines de vaccination précédentes : PC 15 (phase II : 79,85 p.100 pour 143 965 vaccinations et phase III : 86,4 p.100 pour 648 796 vaccinations) et campagne d'urgence, 62 p.100 pour 380 150 vaccinations. La troisième année de la campagne de vaccination du PARC-CI n'est pas prise en compte parce qu'elle vise seulement une partie du cheptel.

La perte de vaccin engendrée par ces vaccinations est estimée à 909 270 doses, soit 26 p.100. Au niveau régional ce taux de perte varie d'une année à l'autre en fonction de la professionnalisation des projets SODEPRA, de la densité de la population bovine à vacciner et de la stratégie adoptée (surtout vrai lors de la troisième année de campagne). La région Nord enregistre le plus faible taux, suivi par la région Centre (à l'exception de l'année 1991). Rappelons que ce taux était de 17,7 p.100 lors de la phase II et de 6,1 p.100 pour la phase III du PC 15. Ces pertes de vaccin sont énormes (un peu plus du quart au niveau national) mais s'expliquent aisément par les consignes strictes laissées aux vaccinateurs pour garantir la qualité du vaccin et assurer l'efficacité de la vaccination : rejet du vaccin reconstitué à la mi-journée et du flacon entier en cas de rupture de la chaîne du froid (à cause de la thermolabilité de la souche vaccinale).

A la fin de chaque campagne de vaccination, il reste dans chaque subdivision d'encadrement un certain nombre de flacons de vaccin qui n'est pas communiqué

à la Pharmacie centrale, donc comptabilisé comme perdu. Cela autorise seulement à donner une estimation de la perte.

Signalons que les pertes de vaccin sur l'ensemble du PC 15 (Afrique occidentale et centrale) étaient estimées à 12,8 p.100 (LEPISSIER, 1983). Cette bonne moyenne est probablement due aux pays sahéliens, à haute densité d'animaux.

Durant ces périodes de vaccination, des échantillons de vaccin ont été collectés avant et pendant leur utilisation sur le terrain pour le contrôle de qualité.

I.1.1 CONTROLE DE QUALITE DES VACCINS

Ces trois campagnes (1989-1991) ont permis de réaliser 502 titrages (dont 210 pour la valence PPCB) (COUACY-HYMANN et al., 1992a) et de mener parallèlement une surveillance de la chaîne du froid. Aucun dysfonctionnement dans la chaîne du froid et aucun titre en dessous des normes recommandées pour la valence peste bovine (et la valence PPCB) n'a été observé.

Un échantillon de chaque lot de vaccin reçu à la Pharmacie vétérinaire a été envoyé pour contrôle au laboratoire de Bingerville. Le même lot retrouvé en bout de chaîne, sur le terrain (au niveau des parcs de vaccination) a fait l'objet d'un titrage au laboratoire. Par contre il n'a pas été toujours possible de suivre un lot à tous les stades intermédiaires de distribution (zone et secteur). Il est en fait, surtout intéressant de comparer le titre du vaccin à son arrivée à la Pharmacie vétérinaire et sur le terrain. En effet le but de ce contrôle est avant tout de démontrer la qualité du vaccin au moment de son injection au bovin (et au petit ruminant). Cette comparaison a fait défaut pour 5 lots qui n'ont pu être retrouvés sur le terrain à cause du décollement des étiquettes des flacons.

Le tableau 27 présente le résultat des 292 titrages de la valence peste bovine. Les résultats de la colonne "PH Vet" sont issus d'un seul titrage par flacon; ceux de la colonne "zone" sont obtenus à partir de 3, "secteur" environ 6 et "terrain" environ 8 titrages du même lot (1 titrage/flacon). La colonne "Différence" indique la plus faible chute de titre et la plus forte pour une série de titrages effectués sur un même lot : chaque borne de l'intervalle de la colonne "Terrain" est comparée au titre à l'arrivée.

Les 292 titrages effectués n'ont montré aucun titre en dessous de $10^{2.5}$ DICT₅₀/ml au moment de l'injection à l'animal. Néanmoins nous avons remarqué une légère chute du titre entre l'arrivée à la Pharmacie Vétérinaire (Abidjan) et le terrain. Cette chute de titre peut aller de 0,18 à 1,20 log₁₀ avec seulement trois cas de chute du titre supérieure à 1 log₁₀. Signalons par ailleurs que le protocole de titrage (1 titrage/flacon) ne permet pas de donner une valeur statistique formelle à ces comparaisons de titre : le seul résultat patent et indiscutable qu'il faut retenir est que tous les lots restent au dessus des normes admises. Cela démontre l'excellente qualité de la chaîne du froid en Côte-d'Ivoire .

Il est à noter aussi que cette entreprise est unique en Afrique.

I.1.2 EVALUATION DE L'IMMUNITE POST-VACCINALE

I.1.2.1 CRITIQUE DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE DU CHEPTEL NATIONAL BOVIN

Nous visons ici à mettre en évidence les biais et erreurs qui ont pu apparaître durant notre étude, d'en évaluer l'impact pour une interprétation juste des résultats obtenus.

L'Unité d'épidémiologie du PARC basée à Nairobi (Kenya) a établi un modèle d'échantillonnage selon les types d'élevage (sédentaire, transhumant, nomade) et la catégorie d'âge (0-1 an, 1-2 an, 2-3 ans, > 3 ans). Il accordait un même poids aux différentes classes d'âge, à savoir 10 animaux dans chacune d'elles. De plus, la grappe d'élevages, les troupeaux et le choix des animaux devaient se faire par tirage au sort.

En Côte-d'Ivoire, un plan d'échantillonnage a été construit en s'inspirant de celui du PARC, tout en gardant sa spécificité :

- * c'est un échantillonnage stratifié, proportionnel et aléatoire;
- * les bovins de culture attelée (BCA) ont été ajoutés au type sédentaire parce qu'ils ne diffèrent des animaux sédentaires que par leur spécialisation au labour des terres;
- * le sexe (femelle, mâle) et les castrats, n'étant pas un facteur de confusion n'a pas fait l'objet d'une attention particulière pendant la collecte de sang;
- * les animaux dans les troupeaux ont été choisis de façon systématique. Il aurait été difficile d'appliquer un tirage aléatoire sans heurter la patience des éleveurs, qui doivent libérer au plus tôt leurs animaux; d'autre part l'opération aurait retardé considérablement la collecte de sang sans pour autant apporter une précision notable aux résultats de l'évaluation;
- * le même poids a été accordé à chaque classe d'âge comme préconisé, sachant que la pyramide des âges est inégale de 0 à 3 ans. Pour un échantillon correct et équilibré, il aurait fallu déterminer auparavant la structure de chaque troupeau, donc connaître l'âge de chaque animal, puis appliquer un coefficient à chaque tranche d'âge en fonction de la structure trouvée. Mais ceci suppose une collaboration totale des éleveurs. La charge de travail aurait là aussi été énorme voire impossible à assurer sur tout le cheptel national. La préférence a été d'accorder le même poids à toutes les classes d'âge et ensuite d'apporter la correction sur l'échantillon total en standardisant selon l'âge d'après la structure moyenne du cheptel national par la méthode de la standardisation directe.
- * la collecte de sang s'est faite sur tout le pays en une fois et en un temps court (4 mois en 1989/90, 3 mois 1990/91 et 1991/92) afin d'obtenir une image instantanée du statut immunitaire antibovipestique du cheptel bovin et avant le

début de la campagne de vaccination de l'année suivante.

- * pour la sérobanque en voie de constitution, des informations supplémentaires étaient relevées sur chaque animal à saigner;

- * le sondage à l'abattoir est d'une valeur limitée dans la plupart des études épidémiologiques, à cause des biais introduits; en particulier tous les individus n'ont pas la même chance d'appartenir à l'échantillon.

Dans notre cas, les biais sont négligeables, voire inexistantes parce que ces animaux étrangers constituent effectivement la source principale de contamination du cheptel ivoirien par le commerce entre la Côte-d'Ivoire et les pays sahéliens. En dehors des postes d'entrée, il n'est pas possible d'effectuer des prélèvements sur ces animaux, à cause de leur grande mobilité pour ceux se déplaçant à pied ou à cause du convoyage en train ou en camion. Les marchés à bétail constituent donc le deuxième lieu de prélèvement possible. De plus, le nombre de prélèvements (185 sérums) est faible par rapport à l'échantillon des bovins étrangers (1291 sérums soit 14,3 p.100). Les résultats donnent simplement une image sans que l'on puisse tirer de conclusion d'après une interprétation statistique.

I.1.2.2 SEROLOGIE POST-VACCINALE

Le test ELISA indirect avec un kappa élevé de 0,91 et une spécificité relative de 97,4 p.100 est un bon test de sérologie. A cela il faut ajouter les avantages qui découlent de la technique ELISA elle-même. Ces résultats confirment ceux d'Anderson (ANDERSON et al., 1983).

L'une des préoccupations du PARC est de connaître la proportion réelle d'animaux non protégés (donc négatifs au test utilisé) afin qu'ils soient la cible des campagnes de vaccination à venir. De ce fait, la valeur de la spécificité relative a une grande importance dans le choix du test. C'est un critère de prise de décision. En plus la valeur prédictive négative (VPN), 96,1 p.100 (368/383), est élevée assurant ainsi qu'un sujet négatif au test ELISA a une forte probabilité de ne pas être protégé contre la peste bovine. Notons néanmoins que la VPN varie en fonction de la prévalence du phénomène étudié, mais reste toutefois relativement stable.

I.1.2.2.1 CHEPTEL NATIONAL BOVIN

Les échantillons de sérums de 1989/90 et de 1990/91 sont représentatifs du cheptel national. Des comparaisons statistiques sont faites à partir des résultats obtenus. L'échantillon de 1991/92 concerne uniquement les ranches.

La méthode de standardisation selon l'âge à partir de la structure nationale du cheptel bovin a permis d'extrapoler les résultats à l'ensemble du pays. Les calculs concernent la classe d'âge 3 mois-1 an (au lieu de 0 - 1 mois) parce que les prélèvements sanguins ne se sont pas pratiqués sur des veaux en deçà de 3 mois d'âge. Le taux standardisé est de 82,6 p.100 en 1989 et de 87,3 p.100 en 1990 (COUACY-HYMANN et al., 1991a). Citons comme éléments de comparaison les

taux bruts en 1989 du Mali : 50 p.100 (TOUNKARA, 1989) et du Niger : 58,4 p.100 (BLOCK et al., 1990). Cette évaluation sérologique est un bon reflet de l'efficacité de la campagne de vaccination.

Facteur Age

La comparaison des séropositifs par classe d'âge pour chacune des trois évaluations 1989, 1990 et 1991 montre une différence significative entre la classe d'âge 3 mois - 1 an et les autres classes d'âge avec un risque d'erreur $\alpha = 0,01$. Ce faible pourcentage de séropositifs dans la tranche d'âge 3 mois - 1 an par rapport aux autres classes d'âge peut avoir pour explication essentielle la disparition progressive des anticorps d'origine maternelle. Les animaux de cette catégorie sont nés pour la plupart après la campagne de vaccination. Il a été constaté aussi que plus de 50 p.100 des veaux se sont révélés négatifs à l'analyse avant l'âge de six mois (EZECHOLI, 1989; TOUNKARA, 1989; COUACY-HYMAN, 1990).

Facteur Type d'élevage

Année 1989

Une comparaison des deux types d'élevage sédentaire et transhumant révèle une différence significative avec un risque d'erreur $\alpha = 0,01$. L'élevage sédentaire s'avère mieux protégé que l'élevage transhumant.

Deux raisons peuvent être avancées :

- l'absence ou le mauvais état des parcs et couloirs de contention rend le travail plus difficile, voire impossible, en élevage transhumant.
- le déplacement des troupeaux transhumants empêche parfois la vaccination.

Année 1990

La différence significative observée est due à l'introduction du type ranch qui a un faible taux de positifs. En effet, cette différence n'est plus significative entre les types sédentaire et transhumant. Cette amélioration de la protection chez les transhumants, de 9,5 p.100 par rapport à 1989 s'explique par une meilleure sensibilisation des paysans. C'est aussi le résultat de deux bonnes campagnes de vaccination.

Ranch

En 1990, globalement, les ranches ont obtenu une couverture immunitaire de 77,6 p.100, inférieure à l'ensemble du cheptel sédentaire (88,8 p.100) et transhumant (83,1 p.100). En 1991, elle chute à 72,5 p.100. Si la modification du calendrier de vaccination (de sorte que le prélèvement de sang se fait au moment où les

animaux ne sont pas encore vaccinés) est une des raisons pour justifier le faible taux dans les deux premières tranches d'âge, elle n'est plus plausible pour les deux dernières classes d'âge. La même situation a été observée au Sénégal (Sarr, communication personnelle, 1991). Ces ranches restent toutefois des entités closes ayant très peu ou pas d'échanges à l'extérieur.

Facteur Région

Les trois régions ont obtenu une couverture immunitaire satisfaisante à l'issue de chaque campagne. Cependant en 1989, une différence significative apparaît entre les régions Nord (79,3 p.100) et Centre (83,3 p.100). La présence des transhumants dans le Nord explique le faible taux de positifs.

En 1990, la région forestière obtient le meilleur taux avec 94 p.100 puis le Centre (89 p.100), enfin le Nord (78 p.100). Le résultat du Nord est expliqué par l'introduction des ranches de Noronigué et de Panya dans l'échantillon. D'autre part cette région s'étend sur un tiers du pays couvert par un seul projet d'encadrement alors que la région forestière en a trois pour 3,3 p.100 du cheptel national.

Facteur Sexe

La séropositivité en fonction du sexe montre en 1989 et 1990 une différence significative entre les femelles et les mâles. Le taux inférieur constaté chez les mâles pourrait provenir d'une grande difficulté de contention de ces derniers.

Facteur Année

Les résultats sont globalement meilleurs en 1990 (à l'exception des ranches). Ceci est dû à la conjonction de plusieurs éléments :

- grande mobilisation de tous les agents de terrain et des paysans;
- deux bonnes campagnes de vaccination;
- contrôle de qualité des vaccins et surveillance des équipes de vaccination.

Facteur Animaux marqués

Les animaux marqués sont considérés comme vaccinés et théoriquement protégés. La différence est très significative entre ces deux catégories d'animaux (marqués et non marqués). Plusieurs raisons peuvent expliquer l'échec de la vaccination chez les animaux marqués :

- mauvaise injection du vaccin,
- vaccin ayant perdu son activité,
- hypogammaglobulinémie essentielle de certains sujets (accessoirement) (PROVOST et al., 1965a),
- animaux marqués mais non vaccinés. Cette raison est la plus plausible. En effet, les vaccinateurs se mettent souvent en équipes et dans certains cas, l'animal d'abord marqué, s'échappe du couloir de contention ou de l'enclos avant de

recevoir sa dose vaccinale. La proportion reste toutefois faible : 11,3 p.100 en 1989 et 7,9 p.100 en 1990.

Aucune indication concernant la marque à l'oreille ne figure sur les fiches de collecte de sérums pour 38 bovins (0,6 p.100) en 1989 et 287 (7 p.100) en 1990. Les équipes de prélèvement ont été moins vigilantes au cours de la deuxième année. Mais ce fait n'influe pas sur le résultat obtenu. Par contre le pourcentage d'animaux non marqués par le vaccinateur a nettement diminué, passant de 26,1 p.100 à 12,2 p.100 soit une amélioration de près de 14 p.100.

Taux d'immunité au niveau d'un troupeau

A l'issue de cette première phase du projet PARC, 179 troupeaux sur 276 (soit 65 p.100) ont un taux d'immunité supérieur ou égal à 80 p.100 et 43 troupeaux entre 70 et 80 p.100 (dont 31 entre 75 et 80 p.100). Ce résultat, bien que patent, sous-estime la couverture immunitaire spécifique de chaque bovin vacciné exprimée par le taux standardisé, à cause de la classe d'âge 0-1 an. Sur la même période, le Mali enregistre les résultats suivants (TOUNKARA, 1989; TOUNKARA et al., 1992) :

- 20 p.100 pour 227 troupeaux en 1989,
- 56,2 p.100 pour 233 troupeaux en 1992.

Au Niger, en 1992, seuls 21 troupeaux sur 153 ont atteint 80 p.100 de couverture immunitaire (BELLO, 1992).

I.1.2.2.2 SEROLOGIE POST-VACCINALE DES ANIMAUX ETRANGERS

Les prélèvements effectués aux postes d'entrée sur les animaux étrangers en provenance du Burkina-Faso et du Mali ont un bon taux d'immunité (84 p.100 et 88 p.100 respectivement) alors que la Guinée a un taux de positifs de 29 p.100. Par contre les animaux de même origine saignés à l'abattoir à Abidjan donnent un taux plus faible : 68 p.100 et 64 p.100 respectivement. L'échantillon obtenu dans ce cas-ci est de petite taille mais ceci n'explique pas totalement cette grande différence. Il semblerait que les animaux prélevés au niveau des postes d'entrée soient des transhumants de frontière, avec une forte probabilité d'avoir été vaccinés. Cette probabilité est plus faible pour les animaux de commerce prélevés au niveau de l'abattoir qui viennent de l'intérieur du pays d'origine. Signalons toutefois que le Mali a obtenu en 1990 une couverture immunitaire de 77 p.100 (TOUNKARA, 1992), qui pourrait expliquer en partie ce niveau d'immunité. Ces résultats indiquent une tendance : pour les valider, l'étude doit être poursuivie en déterminant un échantillon de taille plus grande sur une période d'une année et en spécifiant les divers types d'animaux.

1.2 CINÉTIQUE DE DISPARITION DES ANTICORPS ANTIBOVIPESTIQUES D'ORIGINE MATERNELLE CHEZ LE VEAU

Il est admis aujourd'hui que l'âge minimal requis pour la vaccination des veaux contre la peste bovine est de 6 mois, pour éviter la neutralisation du virus-vaccin par les anticorps d'origine maternelle transmis par le colostrum. Cependant, la vaccination des veaux de moins de 6 mois en Tanzanie (Masailand) lors du PC 15 a induit une conversion sérologique chez 44 p.100 des animaux (PLOWRIGHT, 1985). De même au cours de la campagne PARC, il a été observé que plus de 50 p.100 des veaux étaient négatifs (par le test ELISA indirect) avant l'âge de 6 mois (EZECHOLI, 1989; TOUNKARA, 1989; COUACY-HYMANN, 1990). L'étude pour préciser cet âge propice à la vaccination a été menée dans deux élevages (assimilés à des ranches de petite taille) où la vaccination est faite de façon régulière et correcte, dans l'un par le laboratoire de Bingerville, dans l'autre par l'IDESSA. La transmission des anticorps maternels est effective et confirmée par une réaction positive de l'ensemble des mères suitées et des veaux d'un mois.

Les tableaux 38 et 39 montrent qu'à 3 mois, 69 p.100 à IRHO la ME et 73 p.100 des veaux à l'IDESSA sont positifs (la différence n'étant pas significative au risque $\alpha = 5$ p.100), c'est-à-dire qu'une proportion d'environ 30 p.100 des veaux deviennent négatifs. A 6 mois, un seul sur 31 à IRHO la ME et trois sur 33 à l'IDESSA demeurent positifs. Ce veau n° 974 d'IRHO la ME est resté positif sur toute la durée de l'étude. Après la vaccination avec le vaccin monovalent antibovipestique, à 12 mois à IRHO la ME, à 11 mois à l'IDESSA, une séroconversion de plus de 90 p.100 a été obtenue signifiant l'aptitude des veaux à réagir à la vaccination (COUACY-HYMANN, 1992b).

Parmi les causes qui expliquent l'échec de la vaccination des veaux possédant une immunité passive figure principalement le titre en anticorps passifs transmis par le colostrum, lui-même fonction du titre en anticorps actifs de la mère (BROWN, 1958b; PROVOST, 1982; WAFULA et al., 1989). Dans notre cas, cette éventualité est à écarter parce que les mères sont bien protégées (le PI des mères suitées et des veaux de 1 mois est supérieur à 80 p.100). Dans les conditions naturelles, hors ranch, les facteurs extrinsèques : nutrition et infections intercurrentes influent sur l'efficacité de production des anticorps et donc sur le transfert, par le colostrum, d'un titre suffisant d'anticorps passifs. La disparition de ceux-ci est d'autant plus rapide que le titre au départ est faible. En plus leur demi-vie est courte : 29 jours selon SINGH et al., (1967) ou estimée à 36,7 jours (BROWN, 1958a) c'est-à-dire que chez les paysans, les veaux pourraient perdre plus vite encore l'immunité passive.

Ces résultats corroborent parfaitement les précédents et appellent à une révision de la stratégie vaccinale appliquée aux veaux en abaissant l'âge de la vaccination à 4 voire à 3 mois, pour prémunir une grande proportion d'animaux de cette tranche d'âge contre une éventuelle circulation du virus bovine pestique.

I.3 SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL

Depuis 1986, aucun foyer de peste bovine n'a été dépisté en Côte-d'Ivoire. La direction des Services vétérinaires dispose d'un service d'information zoosanitaire qui a pour but de créer, d'organiser et de dynamiser un réseau de surveillance du territoire. Les laboratoires de pathologie animale sont constamment sur le terrain pour vérifier l'absence effective de foyers.

L'efficacité de ce réseau est démontrée par les déclarations de maladies (autres que la peste bovine) faites chaque mois à l'OIE. Cette absence de foyer de peste bovine constitue un des éléments pour obtenir le statut de pays provisoirement indemne de maladie selon les recommandations de l'OIE (OIE, 1989).

CHAPITRE II : ETUDE ECONOMIQUE DES CAMPAGNES DE PROPHYLAXIE

II.1 BILAN COMPTABLE

La livraison du matériel après l'exécution des marchés d'appels d'offre s'est étalée sur 9 mois environ, délai considéré comme raisonnable (LEPISSIER, 1983).

L'efficacité d'exécution du PARC-CI, dans son ensemble, tient au circuit de paiement rapide des différentes factures. En effet, au niveau de la DSV, un paiement en espèces requiert une seule signature (celle du coordonnateur national) et les paiements par chèque ou par virement bancaire en nécessitent deux (celles du directeur de cabinet et du coordonnateur) (*annexe 9'*). Les taux de consommation spécifiques (budget de chaque devis-programme) et global (budget initial de l'ensemble du projet) attestent des bonnes relations existant entre la DSV et ses fournisseurs.

La gestion pragmatique du PARC-CI a permis de dégager un reliquat de 117 692 500 FCFA, pour financer une quatrième année de prophylaxie en attendant le lancement de la phase II.

Les bons résultats de la commercialisation des intrants d'élevage, à des prix souvent plus élevés que ceux pratiqués par la SODEPRA, sont un élément positif pour appuyer la nouvelle politique d'élevage, qui consiste à supprimer toutes subventions de l'Etat. Cependant, il convient de souligner que le paiement des crédits accordés aux structures de terrain ne respecte pas les soixante jours admis; cela pourrait, à la longue, pénaliser la Pharmacie vétérinaire pour le renouvellement des stocks. La marge bénéficiaire obtenue à la fin de la première année d'exercice a servi à financer certaines activités de la DSV, venant ainsi en aide au projet et surtout à l'Etat. Ce point précis est l'un des objectifs du PARC en Afrique : amener l'élevage à assurer son autofinancement.

La nouvelle politique d'élevage recommandée entre autres par le PARC se met en place. L'évolution est lente mais réelle. En effet, il s'agit de changer des habitudes des hommes et là plus qu'ailleurs la prudence est de rigueur.

II.2 DETERMINATION DU COUT PAR ANIMAL VACCINE

L'appréciation du bien-fondé d'une campagne de vaccination passe nécessairement par la détermination des coûts des divers intrants. Ces coûts sont classés en fonction de leur degré de variabilité en charges fixes et variables.

Le coût total par animal vacciné (*tableau 42*) durant la première phase du projet PARC-CI est surestimé parce que les intrants ont servi simultanément à d'autres interventions : principalement, vaccination antipéripneumonique, vaccination des petits ruminants contre la PPR; accessoirement, déparasitage, recensement du troupeau. Malgré cela, ce coût par animal, calculé par année de campagne (varie de 53,5 FCFA à 78,6 FCFA) ou déterminé sur l'ensemble du projet (69,2 FCFA), reste très faible. La conclusion est identique quand il s'agit de la campagne de lutte contre la peste bovine (le coût varie de 84 FCFA à 93 FCFA).

Le PARC-CI, contrairement aux précédentes campagnes de prophylaxie, a engagé plusieurs actions en plus du programme classique de vaccination. Cependant, en francs constants, le coût par animal vacciné pendant les trois années effectives du projet est très inférieur (variant de 101,4 FCFA la première année à 71,9 FCFA la troisième année) à celui du PC 15 (127,4 FCFA) (LEPISSIER et al. 1969) (*tableau 44*). En plus le PARC-CI a procédé à 2 516 130 vaccinations de bovins alors que le PC 15 en a réalisé 792 761. La campagne d'urgence en 1981 a coûté par tête de bétail vacciné 55,3 FCFA. A raison de 10% d'inflation par an, le coût serait de 118,40 FCFA en 1989.

Le *tableau 60* donne, à titre de comparaison, ce coût moyen pour deux pays (Mali et Togo) et pour l'ensemble du PC 15 en 1969, ainsi que le coût après l'application d'une inflation de 10% par an.

TABLEAU 60 : COUT PAR ANIMAL VACCINE LORS DU PC 15 ET APRES APPLICATION D'UN TAUX D'INFLATION DE 10%/AN

COTE-D'IVOIRE		MALI		TOGO		FIN PC 15	
1969*	1989	1966*	1989	1969*	1989	1969*	1989
127,4	857,1	53,4	478,2	230,6	1551,4	53,4	359,2

(*) : ce coût est une moyenne établie sur l'ensemble du PC 15 pour le pays concerné.

Le coût du projet PARC-CI rapporté au cheptel bovin est de 530,3 FCFA/animal alors que celui trouvé à l'échelle du projet PARC en Afrique est estimé à 138,40 FCFA/animal.

Ce coût élevé en Côte-d'Ivoire s'explique aisément par la composition du projet PARC-CI où la part revenant à la nouvelle politique d'élevage consomme plus de 43 p.100 du budget des trois années effective du projet. Le PARC en Afrique a consacré par contre 51 p.100 de son budget au chapitre "vaccination/surveillance". De ce fait, le coût/animal à considérer en Côte-d'Ivoire à l'issue de l'exécution du PARC phase I est de 101,4 FCFA.

Par contre le coût du flacon de sérum est élevé même s'il passe de 796 FCFA à moins de 500 FCFA en 1991/92. Aucun autre pays participant au projet PARC n'a effectué cette évaluation économique pour rendre une comparaison possible. La diminution éventuelle des dépenses de ce volet (difficile à réaliser) ne réduirait pas sensiblement le coût global de la campagne de lutte.

La détermination d'un tel coût par animal vacciné est d'une importance capitale parce qu'il pourra servir de base de calcul au paiement des vétérinaires privés bénéficiant d'un mandat sanitaire. Par exemple ce prix plancher serait en Côte-d'Ivoire de 101,4 FCFA minimum. Au Tchad, il est estimé à 115 FCFA (GOUDJA, communication personnelle, 1993).

La connaissance du coût par animal vacciné est donc un élément indispensable pour une étude complète des campagnes de prophylaxie contre la peste bovine.

II.3 CALCUL DU COUT/BENEFICE DU PROJET DE VACCINATION

La justification d'un tel projet de prophylaxie réside dans le bénéfice engendré. Se basant sur les coûts réels obtenus, les paramètres zootechniques tirés d'un échantillon de la SODEPRA-Nord et les données épidémiologiques sur la peste bovine, une projection de la productivité d'un troupeau d'1 million de têtes montre que, sur une période de 12 ans, la taille double à la fin de la période. Rapporté à l'échelle nationale, le cheptel bovin atteindrait en moyenne 2 000 000 de têtes. Une projection du Ministère de la production animale prévoit 1 757 000 bovins à l'an 2000 (COTE-D'IVOIRE, 1990). La surface disponible pouvant être utilisée comme pâturage par le bétail est immense. Elle n'est donc pas un facteur limitant pour le doublement de l'effectif. Cependant, il faudra créer des pistes à bétail et surtout veiller à ce qu'elles soient effectivement empruntées, pour éviter les conflits entre agriculteurs et éleveurs.

Suite à une épizootie, l'éleveur a tendance à garder ses animaux, diminuant donc ses entrées de devises. Ce changement de comportement n'est pas pris en compte. Ainsi tous les paramètres, à l'exception du taux de mortalité, restent identiques dans les deux hypothèses A et B.

La comparaison des deux hypothèses donne un solde négatif les quatre premières années de la projection. Il devient positif dès l'apparition de l'épizootie. L'analyse de sensibilité montre que les critères d'évaluation sont excellents quel que soit le

taux de mortalité. Ce qui signifie que même avec une situation favorable au cours d'une épizootie (10 p.100 de mortalité), une campagne de lutte s'avère bénéfique pour le pays et donc recommandée. Le TRI passe de 31,7 p.100 à 88 p.100, d'un pronostic très favorable (10 p.100 de mortalité) à un autre réaliste (40 p.100 de mortalité) sur la période de 12 ans. Dans le même, les valeurs actualisées nettes (VAN) confirment l'avantage total découlant du "projet avec vaccination" (hypothèse A).

Ces différents critères économiques sont déterminés sur la base des animaux vendus. Aux bénéfices dégagés, il convient d'ajouter celui dû à l'accroissement global du cheptel et la valeur résiduelle des investissements (*tableau 46*).

Une étude comparable menée en République Centrafricaine mais avec des taux de mortalité plus élevés a donné un TRI de 178 p.100 (TACHER, 1986). Au Nigeria, de 1980 à 1984, la peste bovine a décimé 382 034 bovins et provoqué la vaccination urgente de 10 279 330. La santé de plus de 1,5 millions animaux ayant survécu a été gravement atteinte (NAWATHE et al., 1984a). L'ensemble des dépenses et des pertes était estimé à 1 510 259 700 Naira³⁰ équivalant à 2 milliards dollars US. Les dépenses spécifiques de la lutte contre cette épizootie se sont élevées à 97 000 000 Naira soit 6,4 p.100 seulement du total (NAWATHE et al., 1984b).

Une autre évaluation économique a été réalisée au Niger suite à la vaccination des petits ruminants contre la PPR, avec le vaccin hétérologue antibovipestique. Le TRI déterminé est de 900 p.100 (STEM, 1993). Si cette valeur est excessive, elle contribue à montrer le bénéfice d'une prophylaxie médicale de la peste bovine (ou la PPR).

L'estimation du bénéfice découlant du contrôle de la peste bovine par la vaccination en République du Yémen est de 2 950 000 £/an soit plus de 1,3 milliards FCFA/an représentant moins de 20 p.100 des animaux importés chaque année (JAMES, 1991).

De même, dans la lutte contre la brucellose en Afrique centrale, une simulation a donné des taux de rendement interne qui oscillent entre 12 et 53 p.100 selon les hypothèses (DOMENECH, 1988) justifiant également la rentabilité d'un tel projet pour une maladie dont l'effet est moins spectaculaire que la peste bovine.

La peste bovine cause de tels ravages et la vaccination est si efficace que la rentabilité de la prophylaxie médicale est assurée. L'absence de la maladie engendre des avantages qui ne sont pas toujours chiffrables, mais appréciés dans leur aspect humain : disparition de la peur et restauration de la confiance des paysans, bonne conduite du troupeau avec une amélioration du taux de réforme (FELTON et al., 1978), augmentation possible de la productivité agricole par la culture attelée, etc.

³⁰ 1 Naira était égal à 300 FCFA à l'époque.

Le projet PARC-CI a permis également de redynamiser le circuit des Services vétérinaires pour une surveillance plus efficace des espèces domestiques.

II.4 QUEL ROLE POUR L'ETAT ET POUR L'ELEVEUR DANS LA POLITIQUE DE DEFENSE SANITAIRE?

En Côte-d'Ivoire, la vaccination contre les grandes épizooties (peste bovine et PPCB) est entièrement à la charge de l'Etat alors qu'elle est devenue payante pour les autres pathologies depuis janvier 1991. Est-il opportun de faire partager les frais de vaccination contre la peste bovine par les éleveurs? Dans certains pays (Sénégal, Mali, Burkina-Faso, Cameroun, etc.), les éleveurs supportent une part du coût de la vaccination. Ceci a engendré par endroits un recul de la couverture vaccinale, surtout quand la dernière épizootie est lointaine dans l'esprit des paysans. En effet, souvent une partie du troupeau est présentée pour la vaccination afin d'éviter des frais élevés. Le Nord de la Côte-d'Ivoire enregistre chaque année des troupeaux sahéliens qui descendent pour bénéficier de la gratuité de la vaccination.

La peste bovine devant être prévenue par une vaccination large et efficace, ne serait-il pas dans ce cas, judicieux de rendre la prophylaxie contre les grandes épizooties gratuite et de trouver des moyens indirects pour faire participer les éleveurs à l'effort national? Par exemple en Côte-d'Ivoire, en relevant le prix des médicaments surtout celui des trypanocides, cela suffirait à rendre cette participation effective.

L'arrêt de la vaccination en vue de l'éradication effective de la peste bovine sera suivi d'une phase de surveillance par la sérologie d'une éventuelle infection des animaux et d'une surveillance rigoureuse du cheptel afin de dépister très tôt tout cas clinique. Ces opérations sur le terrain requièrent la participation réelle de tous les techniciens de l'élevage et des éleveurs. Pour cela plusieurs actions sont à mettre en oeuvre (celles qui existent déjà doivent être poursuivies) :

- sensibilisation et formation des éleveurs sur les éléments simples de diagnostic clinique de la peste bovine,
- recyclage permanent des agents d'élevage,
- instauration de l'indemnisation de l'éleveur victime,
- instauration d'une prime par cas clinique de peste bovine confirmé,
- instauration d'une prime pour les vétérinaires privés exerçant sous mandat sanitaire après les résultats du contrôle sérologique post-vaccinal dans leur circonscription d'activité.

Les fonds nécessaires à ce volet sont à prévoir lors de l'élaboration des projets PARC phase II. Les différentes études économiques sur la peste bovine et le cas vécu au Nigeria (1980-1984) montrent clairement que le coût de la lutte est négligeable face aux pertes en cas d'épizootie.

CHAPITRE III : RECHERCHE DE LA CIRCULATION DU RPV DANS LES AUTRES ESPECES ANIMALES RECEPTIVES

III.1 RECHERCHE DE L'INFECTION BOVIPESTIQUE

Parallèlement au contrôle de l'efficacité des vaccinations sur le cheptel bovin et à l'épidémiosurveillance du territoire pour le dépistage de foyers de peste bovine, une recherche sur la circulation du RPV dans les autres espèces domestiques (non vaccinées contre la peste bovine ou la PPR) et sauvages sensibles a été entreprise sur trois ans (1990 - 1993³¹). Tous ces sérums ont été négatifs, prouvant une absence de circulation du RPV. Les résultats obtenus signifient que les épizooties de 1983 à 1986 n'ont pas permis une implantation du virus dans ces espèces réceptives non vaccinées (COUACY-HYMANN, 1992b).

La peste bovine chez les petits ruminants a déjà été rapportée en Afrique (BEATON, 1930; LIBEAU et al., 1960) mais reste toutefois marginale. La haute prévalence de la PPR y constituerait un barrage au RPV. Par contre en Inde, elle est apparue comme une préoccupation majeure (SINGH et al., 1972; KHERA, 1979), depuis une vingtaine d'années.

Le rôle des animaux sauvages dans le maintien du RPV a aussi été décrit mais il n'existe pas de preuves solides pour cette thèse, même si le virus a été isolé dans certains cas d'animaux sauvages (ROBSON, 1959).

Il est admis, à l'issue des recherches menées sur ce thème sous l'égide du PARC, que la faune sauvage n'intervient pas comme réservoir du RPV. Nos résultats trouvés en Côte-d'Ivoire sur 209 sérums provenant de plusieurs espèces viennent confirmer les précédents travaux. Ils autorisent à conclure que les ruminants sauvages ne sont pas responsables du maintien du RPV.

L'étape de la recherche de l'infection bovipestique est bien postérieure au stade où sont les pays d'Afrique concernés par le projet PARC. La Côte-d'Ivoire, pays importateur de bétail sur pied et victime de la peste bovine d'importation, doit s'assurer que les espèces sensibles non vaccinées n'entretiennent pas le RPV avant d'envisager l'arrêt de la vaccination du cheptel bovin.

III.2 PREVALENCE DE LA PPR

Ces mêmes sérums ont permis de déterminer la prévalence de la PPR. Les résultats des tableaux 48 et 49 reflètent bien la réalité sur le terrain. Les régions ayant vacciné régulièrement leur cheptel de petits ruminants contre la PPR, avec le vaccin hétérologue antibovipestique, obtiennent un taux de prévalence plus faible : région

³¹1990/91, 1991/92, 1993.

Centre, 2,5 p.100; région Nord, 18,4 p.100; région forestière, 19,5 p.100 (Sud-Est: 16 p.100; Ouest-forestière : 23,5 p.100). La vaccination des petits ruminants avec le vaccin hétérologue réduit notablement la circulation du PPRV. En effet la prévalence globale brute nationale est de 14,6 p.100. La région forestière, avec 23,2 p.100 de séropositifs post-infectieux en 1990/91 et 19,5 p.100 en 1991/92, a la couverture vaccinale la plus basse. C'est aussi la région qui rapporte, chaque année, le plus de foyers de PPR. Par contre il y a une nette amélioration en région Sud-est forestière dont la prévalence passe de 33 p.100 à 16 p.100 d'une année à l'autre.

La faible prévalence de la PPR au niveau des petits ruminants ne peut constituer une barrière qui y interromprait une éventuelle survenue du RPV, contrairement à ce qui a été remarqué dans certaines régions comme le Nord Cameroun (PLANTON, 1990).

Deux sérums de porcs (à Bassam) ont été positifs. Cependant aucun cas de PPR n'y a été signalé sur les petits ruminants et il n'y a pas de contact entre ces deux espèces. Quelle est la signification d'un tel résultat? Il est vrai que les prélèvements ont été effectués sur les porcs d'élevage, mais les deux cas positifs montrent que la contamination serait possible si le virus bovine pestique existait dans la population de petits ruminants ou au sein-même de la population porcine.

Deux sérums d'animaux sauvages (1 cobe defassa et 1 buffle) sont également positifs. Là aussi, l'interprétation n'est pas aisée. Le PPRV circulerait-il parmi cette population? Dans ce cas, le taux de séroconversion aurait été plus élevé. Ces deux individus auraient-ils été en contact avec des petits ruminants domestiques? Dans ce cas, ils ont constitué un cul-de-sac pour le virus sans propagation. Il est rapporté que le contact entre animaux sauvages et petits ruminants domestiques est bien possible dans cette région de prélèvement. Les petits ruminants d'origine étrangère avec 19,4 p.100 de séropositifs pour le Mali et 14 p.100 pour le Burkina-Faso ont une prévalence proche de celle de la région Nord. Ces résultats indiquent seulement une tendance.

CHAPITRE IV : ETUDE DU VACCIN HOMOLOGUE ANTI-PPR 75/1

IV.1 DETERMINATION DE LA DME ET DE L'INNOCUITE DU VACCIN HOMOLOGUE

Le vaccin homologue 75/1 au 66ème passage sur les cellules de lignée Véro, à l'exception de deux cas isolés, ne provoque pas d'hyperthermie chez les individus vaccinés. Les animaux vaccinés avec l'une des doses de $10^{4.5}$ à $10^{2.5}$ DICT₅₀/ml, ont parfaitement résisté à l'épreuve virulente (avec 100 fois la dose minimale

mortelle du virus virulent) prouvant l'efficacité du vaccin. En revanche, les dilutions vaccinales titrant 10^2 , $10^{1.5}$, 10^1 DICT₅₀/ml n'ont pas été suffisantes pour induire une parfaite protection contre la PPR.

Les animaux contact ont également succombé à l'épreuve virulente, ce qui signifie que la souche vaccinale ne diffuse pas d'un animal vacciné à un animal "vierge" (les deux étant en contact étroit) ou si faiblement qu'elle n'immunise pas les sujets contact. Bien que la dose vaccinale titrant $10^{2.5}$ DICT₅₀/ml soit apte à protéger un animal, il est recommandé, compte tenu des chutes éventuelles de titre, de délivrer une dose à 10^3 DICT₅₀/ml comme le vaccin antiovipestique.

Ce vaccin utilisé à cette dose sur des femelles gestantes de 4 mois n'a provoqué ni hyperthermie (excepté quelques cas isolés) ni surtout avortement. Celles-ci ont mené à terme la gestation indiquant la parfaite innocuité du vaccin.

IV.2 DEVENIR DU PPRV VIRULENT CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE OU HETEROLOGUE

Les animaux vaccinés avec le vaccin homologue ou le vaccin hétérologue et éprouvés ne sont pas capables d'excréter (ou n'excrètent pas une quantité suffisante) dans le milieu extérieur la souche virale d'épreuve puisque les sujets contact sont restés indemnes. Cependant, du virus virulent inoculé par voie oronasale a été détecté par la technique de PCR sur des écouvillons nasaux et dans les lymphocytes 8 jours après l'épreuve virulente (COUACY-HYMAN, résultats non publiés). D'après les études menées sur le vaccin antiovipestique, la virémie est fugace et la détection du virus par la SNV est possible seulement sur une brève période. Appliquant ces résultats au vaccin homologue anti-PPR, le virus détecté par PCR pourrait être du virus sauvage. Ceci corroborerait une étude antérieure sur le vaccin antiovipestique montrant que les animaux vaccinés ou des veaux sous l'immunité passive, peuvent entretenir le virus sauvage dans les voies nasales et contaminer des animaux réceptifs en contact (PROVOST, 1970; PROVOST, 1972) mais ceci reste toutefois rare (PLOWRIGHT, 1984).

Ces résultats sont une bonne approche dans l'étude complète du devenir du PPRV sauvage chez un animal vacciné mais elle doit être poursuivie, en incluant dans les prélèvements à faire, l'écouvillonnage oculaire.

IV.3 DEVENIR DU RPV VIRULENT CHEZ UN ANIMAL VACCINE AVEC LE VACCIN HOMOLOGUE

Concernant le devenir du RPV sur des petits ruminants vaccinés avec le vaccin homologue, 3 animaux témoins éprouvés sur 4 ont fait de l'hyperthermie, dont 1 a développé les symptômes de la peste bovine. La peste bovine est ainsi reproduite de façon expérimentale sur les petits ruminants.

Les 4 animaux ont néanmoins survécu à l'infection et ont obtenu une

séroconversion. Ceci explique aussi l'irrégularité des cas cliniques rencontrés chez les petits ruminants à la suite d'une infection naturelle ou expérimentale (ZWART et al., 1967a; MACADAM, 1968; BABIKER, 1973).

La chèvre contact n° 991 n'a manifesté aucun signe, mais une séroconversion a été observée avec un titre au 1/10 prouvant la diffusion du RPV.

Le bovin n° 373 a exprimé les symptômes typiques de la peste bovine et le virus RPV d'épreuve a été réisolé des ganglions prélevés. Aucune séroconversion n'a été obtenue. Par contre le 2ème bovin contact (n° 406) est resté indemne avec une sérologie négative.

La contamination naturelle et réciproque entre les espèces ovine/caprine et bovine a été rapportée par plusieurs auteurs (BEATON, 1930; LIBEAU et al., 1960; BABIKER, 1973). Cette reproduction expérimentale confirme à la fois ces faits observés et des travaux précédents (ZWART et al., 1967a; ZWART et al., 1967b; MACADAM, 1968).

La grande virulence de la souche RPV Saudi est connue (TAYLOR, 1986) et pourtant le bovin n° 373 n'a développé sa maladie que 19 jours après l'épreuve. Ceci peut s'expliquer par la différence de taille entre les deux espèces. En effet dans les boxes, il y avait un récipient posé à même le sol qui recevait tous les matins du tourteau de coton, et une botte de foin accrochée au mur (à la hauteur des chèvres). Nous avons observé que les chèvres se précipitaient d'emblée sur le tourteau. Les bovins avaient accès au tourteau en chassant quelques unes d'entre elles. Pour le foin, les deux espèces étaient à des hauteurs différentes. C'est dire que le contact naseau-naseau n'était pas fréquent. Néanmoins la promiscuité a beaucoup facilité la contamination du bovin n° 373. Les animaux vaccinés ont par contre parfaitement résisté à l'épreuve virulente. L'analyse sérologique indique une bonne séroconversion après la vaccination (titre de 1/20 à 1/40). Ce titre chute après l'épreuve virulente à 1/10 pour 3 chèvres et à 1/20 pour 1 chèvre, confirmant les observations des expériences n° 1 et n° 3. Durant le suivi, les animaux contact n'ont exprimé aucun symptôme de la peste bovine. L'étude sérologique a montré qu'ils ont conservé une sérologie négative. Ce résultat prouve que les petits ruminants inoculés avec le vaccin homologue anti-PPR 75/1 sont capables d'interrompre le cycle épidémiologique du RPV.

Le vaccin homologue anti-PPR 75/1 se présente comme le substitut du vaccin hétérologue pour continuer la prophylaxie médicale anti-PPR à la fin du projet PARC. En effet, les pays qui se déclareront indemnes de la peste bovine devront abandonner l'usage du vaccin antibovipestique sur toutes les espèces, pour éviter d'interférer avec la surveillance épidémiologique de cette épizootie. En plus, la vaccination massive des petits ruminants avec le vaccin homologue est une bonne barrière contre la peste bovine (dans cette population). L'inverse est tout

aussi vrai: la vaccination de ces espèces en Côte-d'Ivoire avec le vaccin hétérologue a réduit la prévalence de la PPR à 2,5 p.100 au Centre et 18,4 p.100 au Nord. Ce qui corrèle parfaitement avec les résultats des campagnes de vaccination (COUACY-HYMANN, 1992b).

IV.4 ESSAI DU VACCIN HOMOLOGUE EN GRANDEUR NATURE SUR LE TERRAIN

Les résultats importants obtenus en laboratoire ont permis de mener des essais en grandeur nature sur le terrain. La région forestière, retenue pour l'étude, enregistre chaque année le plus grand nombre de foyers de PPR. Les villages vaccinés ont résisté à l'épidémie annuelle. En revanche les villages témoins ont continué à souffrir de la PPR. Parallèlement, l'innocuité du vaccin a été vérifiée sur les femelles en gestation. Dans chacun des deux types de villages, les témoignages des paysans confirmaient les observations du laboratoire.

IV.5 ANALYSE SEROLOGIQUE SUITE AUX DIFFERENTES EXPERIENCES MENEES SUR LE VACCIN HOMOLOGUE

L'analyse sérologique après chaque expérience a confirmé les observations cliniques. Ainsi tous les animaux vaccinés ont fait une séroconversion de titre variable selon les individus alors que les animaux contact ont maintenu une sérologie négative et sont restés sensibles à l'épreuve virulente.

L'épreuve virulente provoque chez les animaux vaccinés, une chute du titre d'anticorps anti-PPR qui persiste au moins deux semaines mais les sérums ne parviennent pas à devenir négatifs. D'autre part, cette diminution du titre d'anticorps anti-PPR est plus importante après administration de la souche vaccinale homologue anti-PPR par voie sous-cutanée que par voie oronasale (observée surtout à la suite de la vaccination avec le vaccin homologue). Ceci serait dû à une neutralisation partielle par les IgA de la souche d'épreuve administrée par la voie oro-nasale. Il semble aussi que la chute du titre est plus prononcée quand l'animal a été inoculé avec le vaccin homologue qu'avec le vaccin hétérologue. L'efficacité de la neutralisation du virus par l'anticorps homologue serait l'explication de cette chute plus forte dans ce cas. D'ailleurs ce fait est mis à profit dans la réaction de séroneutralisation virale comparée (ROSSITER et al., 1985). Toutefois ces points précis, n'étant pas le but de notre sujet, n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie pour en tirer une conclusion définitive. Les animaux témoins sont restés négatifs en sérologie. Cependant deux témoins, malgré un titre en anticorps au 1/10 avant l'épreuve virulente, ont été malades de la PPR. Ce fait a été aussi observé au Tchad (BIDJET, communication personnelle). Une étude en cours dans ce pays permettra de préciser le seuil pour déclarer un sérum positif en anticorps capables de neutraliser une suspension virale de PPRV titrant 100 DICT₅₀/0,05 ml.

Plusieurs tentatives ont été faites pour mettre au point un vaccin contre la PPR. D'une part, les vaccins homologues inactivés formolés, préparés à partir de broyat d'organes (rates, noeuds lymphatiques) de chèvres atteintes de la PPR, donnent des résultats irréguliers (GARGADENNEC et al., 1942); d'autre part, le virus inactivé avec du chloroforme à 5 p.100 induit une immunité qui persiste 18 mois après la vaccination (NDUAKA et al., 1975). Ces vaccins inactivés ne sont plus utilisés aujourd'hui.

Le vaccin homologue atténué par passages sur culture cellulaire (GILBERT et al., 1962) semblait posséder un pouvoir pathogène résiduel (BENAZET, 1973).

A défaut d'un vaccin homologue fiable, d'autres auteurs ont mis à profit l'immunité croisée qui existe entre le RPV et le PPRV, en utilisant le vaccin antibovipestique pour vacciner contre la PPR (MORNET et al., 1956; BOURDIN et al., 1970; TAYLOR, 1979; MARINER et al., 1993). Il est le seul utilisé à présent.

Notre étude a porté sur un vaccin qui a l'avantage d'être homologue, efficace, capable d'interrompre l'excrétion du RPV sauvage (ou l'excrétion est réduite à un niveau où l'infection des animaux contact n'est plus possible) et d'une parfaite innocuité pour les sujets vaccinés même les femelles gestantes.

CHAPITRE V : METHODE DE DIAGNOSTIC DIFFERENTIEL DU RPV PAR PCR

V.1 AMPLIFICATION SPECIFIQUE DU GENE NRPV PAR B12/B2

Au plan épidémiologique, le couple B12/B2 a permis d'identifier deux groupes au sein des souches de RPV, confirmés par la sonde oligonucléotique SB1 : d'une part, les souches de RPV possédant un seul fragment d'amplification de 297 pb (RBOK, RPVL, Sokoto, Irak, Liban, Pakistan, Pendik, Saudi, Yémen) et révélées par la sonde SB1; d'autre part, les souches ayant deux fragments (de 297 pb et de 190 pb) et qui ne sont pas reconnues par la sonde SB1 (RGK, RBT/1, Egypte, Buffalo Nigeria) (COUACY-HYMANN et al., 1993). Signalons que les souches RGK, RBT/1 et Buffalo Nigeria ont été isolées d'animaux sauvages. La souche Egypte a été isolée de bovin. Par contre elle est tellement hypovirulente qu'elle n'entraîne que très rarement des symptômes cliniques et même dans ce cas, ce sont des symptômes frustes rendant le diagnostic clinique très difficile voire impossible (TAYLOR, 1986). Cette souche proviendrait-elle de la faune sauvage?

CHAMBERLAIN et al. (1993) ont amplifié par PCR une région du gène FRPV, intervenant dans la virulence du RPV, de 12 souches. Après séquençage des fragments amplifiés, ils ont trouvé que les souches Buffalo Nigeria et Egypte sont semblables mais différentes de la souche RBT/1. Le même regroupement se retrouve au niveau des séquences en acides aminés. La souche RGK n'a pas été étudiée.

V.2 AMPLIFICATION SPECIFIQUE DU GENE NPPRV PAR P1/P2

Le couple d'amorces P1/P2 amplifie une séquence de 296 pb du gène NPPRV mais ne peut en faire autant sur le gène NRPV (COUACY-HYMANN et al., 1993). La souche PPRV d'Israël donne 3 fragments après amplification. De même l'effet cytopathogène observé en culture cellulaire, l'électrophorèse des protéines en SDS-PAGE ont montré des images très différentes de celles de l'ensemble des souches de PPRV. L'ELISA de capture effectué sur le surnageant cellulaire a été aussi négatif. Cependant, la sonde SP1, spécifique du gène NPPRV, révèle un fragment se situant à la même position que celle des autres souches (après un transfert selon la méthode de Southern). Serait-elle une "souche PPRV-like"?

V.3 DETERMINATION DU SEUIL DE DETECTION DU TEST DE DIAGNOSTIC

La détermination du seuil de détection de notre technique de diagnostic, à partir de cellules infectées par une souche sauvage ou adaptée, ne permet pas d'apprécier son efficacité réelle. En effet, ce seuil dépendra de plusieurs facteurs dont la plupart sont extrinsèques à la réaction :

- permissivité des cellules utilisées pour la multiplication virale;
- rapidité de la multiplication virale dans les cellules : une souche sauvage s'y multiplierait plus lentement qu'une souche adaptée (PLOWRIGHT, 1964);
- efficacité de la transcription reverse;
- efficacité de la réaction d'amplification génique.

La méthode décrite dans notre étude qui consiste à cloner le produit de PCR dans un plasmide et suivie par une transcription in vitro avant d'entamer la réaction de RT-PCR, permet de connaître avec précision la quantité et la taille du fragment au départ. Ainsi l'efficacité de l'amplification et la taille minimale du génome viral nécessaire pour la réaction peuvent être déterminées. Le seuil de détection est dans, ce cas, de 100 fg après électrophorèse soit $2,4 \cdot 10^5$ molécules d'ARN génomique ou 1 fg après un transfert par dot-blot suivi d'une hybridation, correspondant à 44,3 fg d'ARN génomique purifié équivalant à $2,4 \cdot 10^3$ molécules. Le seuil de détection de la technique de PCR appliquée au diagnostic du virus rabique, après clonage de la région amplifiée dans le plasmide M13, a oscillé entre $2,3 \cdot 10^5$ et $2,3 \cdot 10^6$ molécules simple brin, et entre $1,15 \cdot 10^6$ et $1,15 \cdot 10^8$ molécules double brin (SACRAMENTO et al., 1991).

Par extrapolation au produit amplifié par les amorces B12/B2 de 297 pb d'après le gène NRPV, le seuil de détection est de 44,2 fg d'ARN génomique correspondant à $2,4 \cdot 10^3$ molécules.

Ces tests ont été établis pour l'essentiel sur des cultures cellulaires. Néanmoins nous avons réalisé des essais, en nombre limité, sur des échantillons de terrain (poumons, écouvillons nasaux, lymphocytes) issus d'animaux infectés expérimentalement soit avec le virus bovine pestique (souches : Saudi, Sokoto, RBT/1)

soit avec le virus de la PPR (souche sauvage). La validation de ces tests nécessitera donc des essais sur des prélèvements en grand nombre, que nous nous proposons de faire. Cependant, nous pouvons avancer que ces résultats seront confirmés sur ce type d'échantillon pour deux raisons principales :

- les amorces ont été choisies dans des régions du gène N qui paraissent stables parce que ce gène N a été obtenu à partir de souches de RPV et PPRV vaccinales, donc adaptées après de multiples passages en culture cellulaire (souche RPVL et PPRV 75/1 vaccinale). De ce fait il faudrait une grande mutation au niveau du gène N pour qu'il ne soit plus amplifié par leurs amorces spécifiques;
 - l'extraction de l'ARN viral par le RNAid permet de se débarrasser des inhibiteurs éventuellement présents et susceptibles de gêner la réaction de RT-PCR.
- Dans ce cas, c'est la méthode d'extraction qui doit être très efficace de même que le seuil de détection du test.

La pression de vaccination existant à présent en Afrique fait que le diagnostic clinique de la peste bovine, même par des professionnels expérimentés, peut être très difficile. Ces difficultés y ont été déjà rencontrées dans le passé : cas de la Côte-d'Ivoire lors des épizooties de 1983 à 1986 (ANGBA, 1985) et de l'Egypte (TAYLOR, 1986). A cela, il convient d'ajouter les cas rares de peste bovine à allure "atypique", surtout causés par les souches hypovirulentes dont le diagnostic clinique n'est pas non plus aisé. En conséquence, le recours au laboratoire pour confirmer le diagnostic de terrain sera indispensable. Aussi est-il nécessaire de disposer de techniques d'identification très spécifiques et sensibles. La technique de diagnostic de la peste bovine par PCR que nous avons développée répond à ces préoccupations et a l'avantage d'être suffisamment simplifiée pour pouvoir être appliquée dans les pays comme ceux de l'Afrique. La prophylaxie de la peste bovine a atteint le stade (du moins en Afrique occidentale) où il est nécessaire d'introduire ce type de technique. Si nombre de laboratoires africains ne sont pas prêts à accueillir et exécuter la technique de PCR, certains en sont capables pour plusieurs raisons dont trois essentielles :

- pays bien desservis par les compagnies aériennes pour la réception des réactifs fragiles dans de bonnes conditions,
- service de virologie fonctionnant correctement,
- techniciens compétents et aptes à maîtriser la technique après une formation adéquate.

Ces laboratoires désignés pourront recevoir des prélèvements de divers horizons pour leur traitement.

Comme la technique ELISA, la technique de PCR est un outil de diagnostic applicable à d'autres maladies que la peste bovine.

CONCLUSION GENERALE

Le projet PARC est né à la suite de la recrudescence de la peste bovine à partir de 1980. La Côte-d'Ivoire, étant victime de cette maladie, participe à cette troisième campagne de vaccination africaine. Mais d'emblée, elle a étendu la lutte à d'autres maladies graves des animaux domestiques : PPCB et PPR. Ces actions sont placées sous la responsabilité de la DSV. Par contre les activités de contrôle et de suivi sont confiées au laboratoire de Bingerville, aidé dans sa tâche par les laboratoires régionaux de Bouaké et de Korhogo. Elles se décomposent comme suit :

- contrôle de la qualité des vaccins avant et pendant leur utilisation sur le terrain et de la chaîne du froid;
- évaluation de l'immunité post-vaccinale sur un échantillon représentatif et aléatoire de sérums.

Par la suite, notre étude a été étendue aux animaux sahéliens entrant sur le territoire national pour connaître leur statut immunitaire contre la peste bovine; puis à la circulation du RPV dans les espèces domestiques non vaccinées et sauvages.

Le contrôle de qualité des vaccins, tout le long de la chaîne de distribution qui va de la Pharmacie vétérinaire au vaccinateur, a permis de mener une surveillance des trois campagnes de vaccination et d'apprécier parallèlement la qualité de la chaîne du froid : congélateurs et réfrigérateurs en état de marche, glacières contenant constamment de la glace, suivi scrupuleux du protocole par le vaccinateur.

Au terme de ces trois années de campagne de vaccination du cheptel bovin (et des petits ruminants), il nous est possible d'affirmer que les animaux en Côte-d'Ivoire ont reçu une dose vaccinale de bonne qualité (titre $> 10^{2,5}$ DICT₅₀/ml). Cette qualité de la vaccination a été, du reste, prouvée par les enquêtes sérologiques post-vaccinales. Cet excellent résultat a laissé cependant apparaître des faiblesses, principalement au niveau des ranches où le taux d'immunité est inférieur à la moyenne nationale. Quant à la classe d'âge 0-1 an, pour obtenir un meilleur taux de protection, il faudrait procéder à plusieurs campagnes annuelles et vacciner dès l'âge de 4 mois au lieu de 6 mois. Compte tenu du fort taux global de séroconversion déjà observé, cette solution (plusieurs campagnes annuelles) ne paraît pas économiquement justifiée.

Toutefois, il est à noter que malgré la bonne conservation des vaccins utilisés en Côte-d'Ivoire, des chutes de titre ont été enregistrées. Aussi faut-il espérer que les recherches actuellement menées pour la mise au point d'un vaccin thermostable permettront rapidement la mise sur le marché d'un produit plus facile à utiliser dans les pays chauds. Il est évident qu'un allègement des conditions de conservation sous froid entraînerait une diminution très importante des coûts des campagnes de prophylaxie. Un tel contrôle des campagnes de vaccination (titrages, chaîne du

froid, sérologie post-vaccinale) est fort coûteux mais demeure indispensable pour vérifier la qualité des campagnes de vaccination. Il doit être placé sous la responsabilité du laboratoire et dirigé par une équipe indépendante des équipes de vaccination.

La peste bovine est une maladie si grave qu'il est souhaitable d'engager d'emblée les dépenses nécessaires pour garantir les résultats des campagnes de prophylaxie. L'évaluation économique du projet PARC-CI et la simulation de l'impact économique montrent que les bénéfices sont largement supérieurs aux charges supportées dans l'immédiat même avec l'hypothèse la moins optimiste.

L'absence effective de circulation du RPV dans les populations animales non vaccinées, conjuguée aux résultats précédents, constitue un élément positif pour amener le pays à se déclarer provisoirement indemne de peste bovine, tout en restant vigilant au niveau des postes frontière.

Un vaccin homologué atténué par passages sur culture cellulaire mis au point a été validé. Il aidera les Services vétérinaires à continuer de protéger le cheptel de petits ruminants contre la PPR sans utiliser le vaccin hétérologue antibovipestique. Ceci permettra de respecter l'une des conditions de l'OIE qui est, à terme, l'arrêt de l'utilisation du vaccin antibovipestique sur toutes les espèces animales, afin de mieux suivre l'épidémiologie du RPV.

A ce stade de la lutte contre la peste bovine, le diagnostic doit être rapide et très efficace. Aussi un test de diagnostic sensible et spécifique par PCR a-t-il été développé. Il s'avère indispensable en fin de prophylaxie pour dépister les cas rares, souvent à allure "atypique", surtout causés par des souches hypovirulentes. Cette méthode est un puissant outil de diagnostic différentiel et d'épidémiologie moléculaire du RPV. La simplification du protocole en utilisant des kits du commerce, permet de l'appliquer facilement pour le diagnostic routinier en laboratoire. La technique de diagnostic spécifique de la peste bovine par PCR est à même de répondre aux préoccupations du projet PARC en Afrique pour assurer la surveillance épidémiologique de cette épizootie.

Le contrôle puis l'éradication de la peste bovine nécessitent une action coordonnée et durable au niveau régional ou continental mais imposent aussi le contrôle des mouvements du bétail et une paix civile. Le projet PARC, plus que le PC 15, offre des possibilités pour pérenniser les acquis d'aujourd'hui en facilitant la mise en place d'une nouvelle politique d'élevage qui contribuerait au développement de ce secteur.

BIBLIOGRAPHIE

- ABO SOH (J.) - Rapport annuel d'activité des postes d'entrée. SODEPRA-Nord, KORHOGO, 1990.
- AOF - Rapports annuels des Services Zootechnie et des Epizooties de 1926 à 1955.
- ACKAH - Devis programme n° 1. Ministère de la Production Animale/Direction des Services vétérinaires. Mai 1988a, 24 p.
- ACKAH - Projet PARC en Côte-d'Ivoire. Rapport n° 1. Ministère de la Production Animale/Direction des Services vétérinaires. 20 octobre 1988b, 10 p.
- ACKAH - Projet PARC en Côte-d'Ivoire. Rapoport n° 2. Ministère de la Production Animale/Direction des Services vétérinaires. 20 mars 1989a, 13 p.
- ACKAH - Projet PARC en Côte-d'Ivoire. Rapport n° 3. Ministère de la Production Animale/Direction des Services vétérinaires. 20 septembre 1989b, 22 p.
- ACKAH - Devis programme n° 2. Ministère de la Production Animale/Direction des Services vétérinaires. Novembre 1989c, 13 p .
- ACKAH - Projet PARC en Côte-d'Ivoire. Rapport n° 4. Ministère de la Production Animale/Direction des Services vétérinaires. 2 avril 1990, 37 p.
- ACKAH - Projet PARC en Côte-d'Ivoire. Rapport n° 5. Ministère de l'Agriculture et des Ressources animales/Direction générale des Ressources animales/Direction des Services vétérinaires. 15 mars 1991a, 31 p.
- ACKAH - Projet PARC en Côte-d'Ivoire. Rapport n° 6. Ministère de l'Agriculture et des Ressources animales/Direction générale des Ressources animales/Direction des Services vétérinaires. 31 janvier 1992, 34 p.
- AILERIE (M.) - La production animale en Côte-d'Ivoire. Rev.Méd.vét.exot., Paris, Oct-Déc., 1935, 8, 153-163.
- AKE (B.C.) - A propos des foyers de peste bovine dans les départements d'Adzopé et d'Agboville, 4 Décembre, 1986, 3 p.
- ANDERSON (J.), ROWE (L.W.), TAYLOR (W.P.), CROWTHER (J.R.) - An enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of Ig G and Ig M antibodies to rinderpest virus in experimentally infected cattle. Res.Vet.Sci., 1982, 32 (2), 242-247.
- ANDERSON (J.) ROWE (L.W.), TAYLOR (W.P.) - Use of an enzyme linked immunosorbent assay for the detection of Ig G antibodies to rinderpest virus in epidemiological surveys. Res.Vet.Sc., 1983, 34, 77-81.

- ANDERSON (E.C.), HASSAN (A.), BARRETT (T.), ANDERSON (J.) - Observations on the pathogenicity for sheep and goats and the transmissibility of the strain of virus isolated during the rinderpest outbreak in Sri-Lanka in 1987. *Vet.Microbiol.* 1990, **21**, 309-318.
- ANDERSON (J.), McKAY (J.A.), BUTCHER (R.N.) - The use of monoclonal antibodies in competitive ELISA for the detection of antibodies to rinderpest and peste des petits ruminants.
In : The sero-monitoring of rinderpest throughout Africa, Phase one. Proceedings of a Final Research Co-ordination Meeting of the FAO/IAEA/SIDA/PARC Co-ordinated Research Programme. Bingerville, Côte-d'Ivoire, 19-23 november 1991, 43-53.
- ANDREWES (C.H.) - Proposals and Recommendations of the Provisional Committee for Nomenclature of Viruses. 1965, cité par PLOWRIGHT, 1968.
- ANGBA (A.P.) - Rapport sur les récents foyers de peste bovine en juin 1985 dans le Nord de la Cote-d'Ivoire - Bingerville, 1985, 5 p.
- APPEL (M.J.G.), SHEK (W.R.), SHESBERADARAN(H.), NORRBY (E.) - Measles virus and inactivated canine distemper virus induce incomplete immunity to canine distemper. *Arch.Virol.*, 1984, **82**, 73-82.
- ARDOIN (P.) - Virus et diagnostic virologique. Techniques de base., Ed. Maloine, 1983, 994 p.
- ATSE (P.) - Situation et Evaluation du cheptel bovin du Nord de la Côte-d'Ivoire. Evaluation zootechnique : Rapport bilan 1985-1991. Service zootechnie, SODEPRA-Nord, mars 1992, 49 p.
- AUSUBEL (F.M.), BAEN (R.), KINGSTON (R.E.), MOORE (D.D.), SEIDMAN (J.C.), SMITH (J.A.), STRUHL (K.) - Current protocols in Molecular Biology., 1993, volume 1 (2), 2.01-2.13.3.
- BABIKER (E.H.A.) - A natural outbreak of rinderpest involving sheep, goat and cattle in Sudan. *Bull.Epizoot.Dis.Afri.*, 1973, **21**, 421-423.
- BANQUE MONDIALE - Revue du secteur de l'élevage de la Banque Mondiale. Abidjan, 14 Janvier 1991, 11 p.
- BARON (M.D.), SHAILA (M.S.), BARRETT (T.) - Cloning and sequence analysis of the phosphoprotein gene of rinderpest virus. *J.gen.Virol.*, 1993, **74**, 299-304.
- BARRETT (T.), MAHY (B.W.J.) - Genome organisation and genetic relationships among the morbilliviruses. *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.*, 1986, **5** (2), 395-405.

- BARRETT (T.), GRAHAM (J.), BELSHAM (J.), SHAILA (M.S.), EVANS (S.A.)
Immunization with a vaccinia recombinant expressing the F protein protects rabbits from challenge with a lethal dose of rinderpest virus. *Virology*, 1989, **170**, 11-18.
- BARRETT (T.), SHAILA (M.S.), BELSHAM (G.J.), MAHY (B.W.J.) - The molecular biology of the Morbilliviruses - In : *The PARAMYXOVIRUSES*. Ed.D.W. Kingsbury, plenum Press, 1991, 83-102.
- BARRETT (T.), ROMERO (C.H.), BARON (M.D.), YAMANOUCHI (K.), DIALLO (A.), BOSTOCK (C.J.), BLACK (D.) - The molecular biology of rinderpest and peste des petits ruminants. *Ann. Méd.Vét.*, 1993a, **137**, 77-85.
- BARRETT (T.), VISSER (I.K.G.), MAMAIEV (L.), GOATLEY (L.), van BRESSEM (M.F.), OSTERHAUS (A.D.M.E.) - Dolphin and Porpoise Morbilliviruses are genetically distinct from Phocine Distemper. *Virology*, 1993b, **193**, 1010-1012.
- BARRETT (T.), AMAREL-DOEL (C.), KITCHING (R.P.), GUSEV (A.) - Use of the polymerase chain reaction in differentiating rinderpest field virus and vaccine in the same animals. *Rev.sci.tech.Off.int.Epiz.*, 1993c, **12** (3), 865-872.
- BEATON (W.G.) - Rinderpest in goats in Nigeria. *J.Comp.Path.*, 1930, **43**, 301-307.
- BELLO (R.) - Résultats de l'enquête sérologique de la peste bovine au Niger. In : *The Sero-monitoring of rinderpest throughout Africa Phase II. Results for 1992. Proceedings of a Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA/SIDA/OAU/IBAR/PARC Coordinated Research Programme. Entebbe, Uganda, 15-21 september 1992*, 187-194.
- BELSHAM (G.J.), ANDERSON (C.), MURRAY (P.K.), ANDERSON (J.), BARRETT (T.) - Immune response and protection of cattle and pigs generated by a vaccinia virus recombinant expressing the F protein of rinderpest virus. *Vet.Rec.*, 1989, **24**, 655-658.
- BENAZET (B.) - La peste des petits ruminants : étude expérimentale de la vaccination. Thèse Doct. vét. Toulouse, 1973, n° 91.
- BLOCK (N.), DIALLO (I.) - Enquête sérologique dans un pays sahélien, le Niger. Problèmes d'échantillonnage et résultats de la sérosurveillance de la peste bovine. *Rev.Elev.vét.Pays trop.*, 1990, **43** (3), 305-311.
- BOULANGÉ (P.) - The use of the complement-fixation test for the demonstration of rinderpest virus in rabbit tissue using rabbit antisera. *Canad.J.Comp.Med.*, 1957, **21**, 363-369.
- BOURDIN (P.), RIOCHE (M.), LAURENT (A.) - Emploi d'un vaccin antibovipestique produit sur cultures cellulaires dans la prophylaxie de la peste des petits ruminants au Dahomey - Note préliminaire. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1970, **23** (3), 295-300.

- BROWN (R.D.) - Rinderpest immunity in calves-I. The acquisition and persistence of maternally-derived antibody. *J.Hyg.*, 1958a, **56** (4), 427-434.
- BROWN (R.D.) - Rinderpest immunity in calves-II. Active immunisation. *J.Hyg.*, 1958b, **56** (4), 435-444.
- BROWN (R.D.) - Rinderpest immunity in calves. A review. *Bull.epiz.Dis.Afr.* 1958c, **6**, 127-133.
- CHALUMEAU (P.) - Rapports annuels. Ministère de l'Agriculture et de la Coopération. Service de l'Élevage et des Industries Animales. Abidjan, de 1958 à 1964.
- CHAMBERLAIN (R.W.), WAMWAYI (H.M.), HOCKLEY (E.), SHAILA (M.S.), GOATLEY (L.), KNOWLES (N.J.), BARRETT (T.) - Evidence for different lineages of rinderpest virus reflecting their geographic isolation. *J.Gen.Virol.*, 1993, **74**, 2775-2780.
- CHAMBRON (J.) - Situation sanitaire en Côte-d'Ivoire - In Rapport d'activité du Laboratoire de Pathologie animale de Bingerville, 1974, 2 p.
- CHENEAU (Y.) - Campagne d'urgence contre la peste bovine en Afrique de l'Ouest - Rapport final, OIE, 1981, 64 p.
- CHOMCZYNSKI P.), SACCHI (N.) - Single-step method of RNA isolation by acid guanidium thiocyanate-phenol-chloroform extraction. *Analyt.Biochem.*, 1987, **162**, 156-159.
- COCHRAN (W.G.) - Estimation of bacterial densities by means of the "most probable number". *Biometrics*, 1950, **6**, 105.
- COMPANS (R.W.), CHOPPIN (P.W.) - The length of the helical nucleocapsid of Newcastle disease virus. *Virology*, 1967, **33**, 344-346.
- COTE-D'IVOIRE. Plan/Production Animale (Ministères). SODEPRA - Projet de Développement de l'élevage bovin paysan dans le Nord de la Côte-d'Ivoire. Abidjan, Juillet 1973.
- COTE-D'IVOIRE. Production Animale (Ministère) - Stratégie et plan d'action pour le développement de l'élevage ivoirien sur la période 1987-2000. Abidjan , mars 1987a, 13 p.
- COTE-D'IVOIRE. Production Animale (Ministère). Direction des Services vétérinaires - Projet Vétérinaire pour la République de Côte-d'Ivoire. Projet n° 4100 045 27-5100 35 317, 2 décembre 1987b, 31 p.
- COTE-D'IVOIRE. Production Animale (Ministère). Direction de la planification des productions animales - Productions nationales de l'élevage ivoirien de 1985 à 1989, Abidjan, 1990, 16 p.

- COTE-D'IVOIRE - Decret n° 91-63 du 20 février 1991 portant organisation du Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, 1991.
- COUACY-HYMANN (E.) - Rapport d'activité du Service de Virologie et du Contrôle de qualité des vaccins, Laboratoire central de Pathologie animale, Bingerville, 1988.
- COUACY-HYMANN (E), KODJO (A.), DIAWARA (S.), DOMENECH (J.) - Evaluation de l'immunité post-vaccinale antibovipestique après la campagne de vaccination 1989 en Côte-d'Ivoire. In : The sero-monitoring of rinderpest throughout Africa Phase one. Proceeding of a Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA/SIDA/OAU/IBAR/PARC Coordinated Research Programme. Bingerville, Côte-d'Ivoire, 19-23 novembre 1990, 121-129.
- COUACY-HYMANN (E), KODJO (A.), DIAWARA (S.), DOMENECH (J.) - Contrôle de l'immunité postvaccinale antibovipestique après les campagnes de vaccination de 1989 et 1990 en Côte-d'Ivoire. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1991a, **44** (4), 415-421.
- COUACY-HYMANN (E.), FORMENTY (P.), ZIGBE (B.), OUATTARA (M.), CACOU (P.M.) - Note sur une épizootie récente de Fièvre aphteuse en Côte-d'Ivoire. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1991b, **44** (4), 423-424.
- COUACY-HYMANN (E.), KODJO (A.), OUATTARA (M.), KANGA (K.), DIAWARA (S.), DOMENECH (J.) - Le contrôle de qualité des vaccins et de la chaîne du froid lors des campagnes nationales de vaccination. Rev.Elev.Méd.vét.pays trop., 1992a, **45** (2), 129-133.
- COUACY-HYMANN (E.) - Sérosurveillance de la peste bovine dans les espèces : bovine, ovine/caprine, porcine. In : The sero-monitoring of rinderpest throughout Africa Phase II. Results for 1992. Proceeding of a Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA/SIDA/OAU/IBAR/PARC Coordinated Research Programme. Entebbe, Uganda, 15-21 september 1992b, 103-111.
- COUACY-HYMANN (E.), LIBEAU (G.), DIALLO (A.), LEFEVRE (P.C.) - Diagnostic du RPV et PPRV par la technique PCR. Communication au Research Coordination Meeting of the FAO/IAEA/SIDA/OAU/IBAR/PARC Coordinated Research Programme. Cairo, Egypt, 7-11 november 1993, 15 p.
- COULIBALY (F.) - La peste bovine en 1972 dans la zone d'action de la Direction régionale de la Production animale du Nord - Korhogo, 10 Aout 1972, 18 p.
- CURASSON (G.) - La peste bovine-Vigot, Paris, 1932.
- CURASSON (G.) - Conférence consultative de l'élevage. Dakar, 25-30 mars 1936. Gorée, Imprimerie du Gouvernement général, 1936, 50-51.
- CURASSON (G.) - Traité de pathologie exotique vétérinaire et comparée, Tome I, Maladies à Ultra-virus, 2ème Edition, Ed. Vigot Frères, 1942.

- DAHAB (A.M.) - Phase IV and V, ninth periodical report covering from 1st July, 1971 to 31 May, 1973, O.U.A., 27th July 1973.
- DAVIS (L.G.), DIBNER (M.D.), BATTEY (J.F.) - Glass powder elution of DNA, In: Basic Methods in Molecular Biology, Elsevier Science Publishing Co., New York, 123-125.
- De BOER (C.J.), DARDIRI (A.H.), HAMDY (F.M.) - Immunologic relationship of rinderpest virus to the agent causing "Peste des petits ruminants". Abstr.A.Meet.Am.Soc.Microbiol., 1975, **75**, 80.
- DIALLO (A.), BARRETT (T.), LEFEVRE (P.C.), TAYLOR (W.P.) - Comparison of proteins induced in cells infected with rinderpest and peste des petits ruminants viruses. J.gen.Virol., 1987, **68**, 2023-2038.
- DIALLO (A.), BARRETT (T.), SHAILA (M.S.), TAYLOR (W.P.) - Differentiation of rinderpest and peste des petits ruminants viruses using specific cDNA clones. J.Virol.Methods, 1989a, **23**, 127-137.
- DIALLO (A.), TAYLOR (W.P.), LEFEVRE (P.C.), PROVOST (A.) - Atténuation d'une souche de virus de la peste des petits ruminants : candidat pour un vaccin homologue vivant. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1989b, **42** (3), 311-319.
- DIALLO (A.) - Morbillivirus group : genome organisation and proteins. Advances in Veterinary Virology, Editor, Vet. Microbiol. 1990a, **23**, 155-163.
- DIALLO (A.) - Cours de virologie systématique donné à l'Institut Pasteur de Paris. 1990b.
- DIALLO (A.), BARRETT (T.), BARBRON (M.), MEYER (G.), LEFEVRE (P.C.) - Cloning of the nucleocapsid protein gene of peste des petits ruminants virus : Relationship to other Morbilliviruses. J.Gen.Virol., 1994, **75**, 233-237.
- DOMENECH (J.) - Aspects biogéographiques, épidémiologiques et économiques de la pathologie de la reproduction des bovins en Afrique centrale, notamment de la brucellose. Thèse de Doctorat ès sciences, Université Paris XII, 1988, Vol I, 357 p.
- DOMINGO (M.), FERRER (L.), PUMAROLO (M.), PLANA (A.), KENNEDY (S.), McALISKEY (M.), RIMA (B.K.) - Morbillivirus in dolphins. Nature, 1990, **348**, 21.
- EDWARDS (J.T.) - Rinderpest-Transaction of the Far Eastern Association of Tropical Medicine, 7th Congress, Indian, 1927, **3**, 699-717.
- EZECKOLI (C.D.) - Seromonitoring for rinderpest in Nigeria. Communication au Research Coordination Meeting. AIEA/FAO, Nairobi, 12-16 Juin 1989. 5 p.

- FELTON (M.R.), ELLIS (P.R.) - Studies on the control of rinderpest in Nigeria. University of Reading, 1978, 40 p.
- FRESSON (S.), GONNEVILLE (G.de), BARIS (P.D.), BRANCKAERT, TENSCHER - Evaluation du projet d'élevage bovin dans le Nord de la Cote-d'Ivoire. Paris, Ministère de la Coopération et du Développement, Juin, 1982, 245 p.
- GARGADENNEC (L.), LALANNE (A.) - La peste des petits ruminants. Bull. Serv. Zoot. Epizoot. AOF., 1942, 5 (1), 16-21.
- GIAVEDONI (L.), JONES (L.), MEBUS (C.), YILMA (T.) - A vaccinia virus double recombinant expressing the F and H genes of rinderpest virus protects cattle against rinderpest and causes no pock lesion. Proc.Natl.Acad.Sci. USA, 1991, 88, 8011-8015.
- GIBBS (E.P.J.), TAYLOR (W.P.), LAWMAN (M.J.P.), BRYANT (J.) - Classification of peste des petits ruminants virus as the fourth member of the Genus Morbillivirus. Intervirology, 1979, 11, 268-274.
- GILBERT (Y.), MONNIER (J.) - Adaptation du virus de la peste des petits ruminants aux cultures cellulaires. Note préliminaire. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1962, 15, 321-335.
- GORET (P.) - Une curieuse parenté biologique : les rapports entre les virus de la maladie de Carré du chien, de la peste bovine et de la rougeole. Horizon Médicaux, 1968, 150, 3-10.
- HSU (D.), YAMANAKA (M.), JUDY (M.), BEVERLY (D.), GRUBMAN (M.), YILMA (T.) - Cloning of the fusion gene of rinderpest virus : Comparative sequence analysis with other Morbilliviruses. Virology, 1988, 166, 149-153.
- IEMVT - Connaissances acquises récemment sur la peste bovine et son virus. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1966, 19 (3), 365-413.
- IEMVT - Intensification de la lutte contre les épizooties en Afrique de l'Ouest et du Centre. OIE, Juillet 1980.
- IMAGAWA (D.T.) - Relationships among measles, canine distemper and rinderpest viruses. Prog.med.Virol., 1968, 10, 160-193.
- ISHI (S), TOKUDA (G.), WATANABE (M.) - Analysis of rinderpest virus antigen. I. Results of the diffusion precipitation test in agar gel. Nat.Inst.An.Hlth.Qly., Tokyo, 1964, 4, 205-213.
- JACOTOT (H.), MORNET (P.) - La peste bovine. Ed. l'Expansion Paris, 1967, 174 p.

- JAMES (A.D.) - Economic Appraisal of the National Veterinary Service Development Programme in Republic of Yemen. Preliminary report. Pan Livestock Services, University of Reading. July 1991, 13 p.
- JOHNSON (R.H.) - An outbreak of rinderpest involving cattle and sheep. *Vet.Rec.*, 1958, **70**, 457-461.
- KAMATA (H.), TSUKIYAMA (K.), SUGIYAMA (M.), KAMATA (Y.), YOSHIKANA (Y.), YAMANOUCHI (K.) - Nucleotide sequence of cDNA to the rinderpest virus mRNA encoding the nucleocapsid protein. *Virus gene*, 1991, **5**, 5-15
- KENNEDY (S.), SMYTH (J.A.), CUSH (P.F.), DUGNAN (P.), PLATTEN (M.), McCULLOUGH (S.J.), ALLAN (G.M.), McQUAID (S.) - Viral distemper now found in porpoises. *Nature*, 1988, **336**, 21.
- KESARI (K.V.), SHAILA (M.S.) - Structural Proteins of Rinderpest viruses II: Purification and characterization of the Nucleocapsid protein N, the Haemagglutinine protein H and the Matrix protein M. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 1988, **25**, 574-579.
- KHERA (S.S.) - Rinderpest eradication campaign in India-Proc., 2nd, Int. Symp. Vet. Epidemiol. Econ., 1979, 581-586.
- KISHI (S.), NAKAMURA (J.), WONGSONGSARN (G.) - Rinderpest in pigs in Thailand. *Jap.J.vet.Sci.*, 1960, 22.
- KODJO (V.) - Blocs fourragers en milieu traditionnel. Caractéristiques des troupeaux et performances zootechniques. Korhogo (Côte-d'Ivoire), Rapport SODEPRA-Nord, 1989.
- KOUASSI (K.M.) - Rapports d'activité de la Pharmacie centrale vétérinaire de 1990 à 1992, Direction des Services vétérinaires, Abidjan, Côte-d'Ivoire.
- LALANNE (A.) - Séro-vaccination et vaccination antipestique en moyenne Côte-d'Ivoire. *Bin.Sces.Zoo. et Epiz.*, AOF., 1940, 167-174.
- LEBBE (A.T.) - Les productions animales en Côte-d'Ivoire. Ministère de la Production animale. Abidjan, décembre 1968, 56 p.
- LEFEVRE (P.C.) - Peste des petits ruminants et infection bovinepestique des ovins et caprins. *Etudes et Synthèses de l'IEMVT*, n° 5, 1987, 99 p.
- LEPISSIER (H.E.), MACFARLANE (I.M.), HENSTRA (S.J.) - Campagne Conjointe contre la peste bovine en Afrique Centrale et de l'Ouest, 1962-1969, 6 Novembre 1969, 223 p.
- LEPISSIER (H.E.) - Campagne panafricaine contre la peste bovine. Organisation et exécution logistique. Janvier 1983, 117 p.

- LIBEAU (J.), SCOTT (G.R.) - Rinderpest in Eastern-Africa today. *Bull.epiz.Dis.Afr.*, 1960, **8**, 23-26.
- LIBEAU (G.), LEFEVRE (P.C.) - Comparison of Rinderpest and Peste des petits ruminants viruses using anti-nucleoprotein monoclonal antibodies. *Vet.Microbiol.*, 1990, **25**, 1-16.
- LIBEAU (G.), LANCELOT (R.), COLAS (F.), GUERRE (L.), DIALLO (A.) - Development of a competitive ELISA for detecting antibodies to the peste des petits ruminants virus using a recombinant N protein. soumis pour publication.
- LIESS (B.) - Untersuchungen Über das virus der Rinderpest unter verwendung von zellkulturen. *Arch. exp.Vet.Med.*, 1964, **20**, 157-257.
- LIMA (M.), YILMA (T.) - Molecular cloning of the rinderpest Matrix gene : Comparative sequence analysis with other paramyxovirus. *Virology*, 1990, **175**, 323-327.
- MACADAM (I.) - Transmission of rinderpest from goats to cattle in Tanzania. *Bull.Epizoot.Dis.Afri.*, 1968, **16**, 53-60.
- MACFARLANE (I.M.) - Final report on the Joint Campaign against rinderpest. Phase IV (1st October 1968-30th September 1971). March 1972, 31 p.
- MACK (R.) - The great African cattle plague Epidemic of the 1890's. *Trop. Anim.Hlth.Prod.*, 1970, **2**, 210-219.
- MARINER (J.C.), HOUSE (J.A.), SOLLOD (A.), STEM (C.), van DEN ENDEE (M.), MEBUS (C.A.) - Comparison of the effect of various chemical stabilizers and lyophilization cycles on the thermostability of a Vero cell-adapted rinderpest vaccine. *Vet.Microbiol.*, 1990a, **21**, 195-209.
- MARINER (J.C.), VAN DEN ENDEE (M.), HOUSE (J.A.), MEBUS (C.A.), SALIFOU (S.), STEM (C.) - The serological response to a thermostable Vero cell-adapted rinderpest vaccine under field conditions in Niger. *Vet.Microbiol.*, 1990b, **22**, 119-127.
- MARINER (J.C.), HOUSE (J.A.), MEBUS (C.A.), van DEN ENDE (M.C.) - The use of thermostable Vero cell-adapted rinderpest vaccine as a heterologous vaccine against peste des petits ruminants. *Res.vet.Sci.*, 1993, **54**, 212-216.
- MARTIN (W.S.), MEEK (A.H.), WILLEBERG (P.) - *Veterinary Epidemiology - Principles and Methods*. IOWA - State University Press/AMES, 1987, 343 p.
- MATHEWS (R.E.F.) - Classification and nomenclature of viruses. *Intervirol.*, 1982, **17**, 104-105.

- McCAUSTLAND (K.A.), BI (S.), PURDY (M.), BRADLEY (D.W.) - Application of two RNA extraction methods prior to amplification of hepatitis E virus nucleic acid by the polymerase chain reaction. *J.Virol.Methods*, 1991, **35**, 331-342.
- McCULLOUGH (K.C.), SHESHBERADARAN (H), NORRBY (E.), OBI (T.U.), CROWTHER (J.R.) - Monoclonal antibodies against morbillivirus. *Rev.Sci.tech.Off.int.Epiz.*, 1986, **5** (2), 411-427.
- MEYER (G.M.F.) - Clonage et séquençage du gène codant pour la protéine de fusion du virus de la peste des petits ruminants. Thèse de doctorat vétérinaire, 1993, TOU 3 - 4019, 133 p.
- MONTEIL (P.L.) - De Saint-Louis à Tripoli par le lac Tchad - Expédition de 1890 à 1892. Paris, Editeur, Félix Alcan, 1894.
- MORNET (P.), ORUE (J.), GILBERT (Y.), THIERY (G.), MAMADOU (S.) - La peste des petits ruminants en Afrique Occidentale française, ses rapports avec la peste bovine. *Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop.*, 1956, **9** (4), 313-342.
- NAKAMURA (J.), MacLEOD (A.J.) - The complement fixation test and its application to the diagnosis of rinderpest. *J.comp.Path.*, 1959, **69**, 11-19.
- NAWATHE (D.R.), LAMORDE (A.G.) - Vers l'éradication mondiale de la peste bovine. *Rev.Sci.tech.Off.int.Epiz.*, 1984a, **3** (1), 77-91.
- NAWATHE (D.R.), LAMORDE (A.G.) - Socio-economic impact of rinderpest in Nigeria. *Rev.Sci.tech.Off.int.Epiz.*, 1984b, **3** (3), 575-581.
- NDUAKA (O.), IHMELANDU (E.C.) - The control of pneumo-enteritis complex in dwarf goats of eastern of Nigeria by the use of chloroform inactivated tissue vaccine. *Bull. anim. Hlth. Prod. Afr.*, 1975, **23** (3), 341-348.
- NICOLLE (M.), ADIL BEY - Etude sur la peste bovine; troisième mémoire. Expérience sur la filtration du virus. *Ann.Inst.Pasteur*, 1902, **16**, 56-64.
- NORRBY (E.), SHESHBERADARAN (H.), McCULLOUGH (K.C.), CARPENTER (W.C.), ORWELL (C.) - Is rinderpest virus the Archevirus of the Morbillivirus genus?. *Intervirology*, 1985, **23**, 228-232.
- OIE - Rapport de la consultation d'experts sur les systèmes de surveillance de la peste bovine. Paris, 16-18 avril 1989, 14 p.
- OSTERHAUS (A.D.M.E.), VEDDER (E.J.) - Identification of virus causing recent seal deaths. *Nature*, 1988, **335**, 20.
- OSTERHAUS (A.D.M.E.) - A morbillivirus causing mass mortality on seals. *Vaccine*, 1989, **7**, 483-484.

- OUA/CSTR/IBAR - Campagne panafricaine contre la peste bovine. Proposition de programme et dossier de financement. Mars 1984.
- OUA/IBAR/PARC - Rapport annuel 1989. 26 p.
- OUA/IBAR/PARC - Pan African Rinderpest Campaign Newsletter, n° 8, september 1990.
- OUA/IBAR/PARC - Rapport annuel 1990. 33 p.
- OUA/IBAR/PARC - Pan African Rinderpest Campaign Newsletter, n° 10/11, May/September, 1991.
- OUA/IBAR/PARC - Rapport annuel 1992.
- PALYA (V.), RWEYEMAMU (M.M.) - Standard Operating procedures (S.O.P.) for Rinderpest cell culture vaccine (Live). PANVAC, RAF/88/050, c/o FAO, PO Box 5536 Addis Abeba, Ethiopia, 1991, 84 p.
- PANDEY (K.D.), BARON (M.D.), BARRETT (T.) - Use of biotinylated probes in differential diagnosis of rinderpest and PPR. Vet. Rec., 1992, 131, 199-200.
- PASTORET (P.P.), VANBRESSEM (M.F.), DIALLO (A.), BARRETT (T.), TILLE (A.), THIRY (E.), LEVEFRE (P.C.), BOSTOCH (CH.), IDRIS (A.F.), BIDJEH (K.) - La biologie des infections par morbillivirus. Ann.Méd.vét., 1991, 135, 77-89.
- PERSON (Y.) - Samory, une révolution Dyula. Tome III. Mémoire IFAN Dakar, n° 89, 1975.
- PIERRE (F.), YAO (K.N.) - Peste bovine - Sortie à Ouéllé du 1^{er} au 5 Septembre 1983 pour une enquête du laboratoire - Laboratoire de Pathologie animale, Annexe de Bouaké. 12 Septembre 1983a, 4 p.
- PIERRE (F.), YAO (K.N.) - Foyers de peste bovine dans un troupeau au village de Tabako. 12 Octobre 1983b, 2 p.
- PLANTON (H.) - Role of wilde life and small ruminant in the epidemiology of rinderpest. Final report. Panafrican Rinderpest Campaign/EEC/DG VIII, 1990, 30p.
- PLOWRIGHT (W.) - Rinderpest virus - Ann. N.Y. Acad. SC., 1962a, 101, 548-563.
- PLOWRIGHT (W.), CRUICKSHANK (J.G.), WATERSON (A.P.) - The morphology of rinderpest virus - Virology, 1962b, 17, 118-122.
- PLOWRIGHT (W.), FERRIS (R.D.) - Studies with rinderpest virus in tissue culture. The use of attenuated culture virus as a vaccine for cattle. Res.Vet.Sci., 1962c, 3, 172-182.

- PLOWRIGHT (W.) - The growth of virulent and attenuated strain of rinderpest virus in primary calf kidney cells. Arch. ges. Virusf., 1964, **14**, 431-448.
- PLOWRIGHT (W.) - Rinderpest Virus . Spring-Verlag, Wien, New-York, Virology Monographs, 1968, **3**, 25-110.
- PLOWRIGHT (W.) - The duration of immunity in cattle following inoculation of rinderpest cell culture vaccine. J.Hyg.Camb., 1984, **92**, 285.
- PLOWRIGHT (W.) - La Peste bovine aujourd'hui dans le monde. Contrôle et possibilité d'éradication par la vaccination. Ann.Méd.Vét., 1985, **129**, 9-32.
- PROVOST (A.), VILLEMONT (J.M.), BARBERY (H.), OUMAN (M.) - Note sur les plasmodes multinuclées rencontrées dans les cultures cellulaires infectées de virus bovipestique. Ann.Inst.Pasteur, 1961, **101**, 267-280.
- PROVOST (A.), BORREDON (C.) - Les différents aspects du diagnostic clinique et expérimental de la peste bovine. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1963, **16** (4), 445-526.
- PROVOST (A.), BORREDON (C.), QUEVAL (R.) - Une hypogammaglobulinémie essentielle des bovins d'Afrique centrale, cause d'erreur dans les enquêtes sérologiques. Rev.Elev.Méd.Pays trop., 1965a, **18** (4), 385-393.
- PROVOST (A.), QUEVAL (R.), BORREDON (C.) - Quelques recherches fondamentales sur le virus bovipestique. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 1965b, **18** (4), 371-384.
- PROVOST (A.), BORREDON (G.) - Quelques recherches fondamentales sur le virus bovipestique- 2 - L'Hémagglutinine bovipestique. Relations antigéniques des virus pestique et morbillieux. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1968, **21** (1), 33-48.
- PROVOST (A.) - Réflexions sur l'épizootie générale de la peste bovine en Afrique Centrale à la lumière de connaissances récemment acquises. Colloque O.C.A.M. sur l'élevage. Fort-Lamy, 8-13 Décembre 1969, 5 p.
- * - PROVOST (A.) - Observations sur les muco-anticorps nasaux des bovins. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1970, **23** (3), 283-293.
- ✗ - PROVOST (A.) - Transmission de la peste bovine par des veaux possédant une immunité maternelle résiduelle. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1972, **25** (2), 155-159.
- PROVOST (A.), BORREDON (C.) - Un vaccin mixte antibovipestique-antipéripneumonique lyophilisé utilisable sur le terrain sans réfrigération. Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop., 1974, **27** (3), 251-263.

- PROVOST (A.) - Bases scientifiques et techniques de l'éradication de la peste bovine en Afrique intertropicale. *Revue Sci.tech.Off.int.Epiz.*, 1982, **1** (3), 589-618.
- RIMA (B.K.), BACZKO (K.), CLARKE (D.K.), CURRAN (M.D.), MARTIN (S.J.), BELLITER (M.A.), ter MEULEN (V.) - Characterization of clones for the sixth (L) gene and a transcriptional map for morbillivirus. *J. Gen. Virol.*, 1986, **7**, 1971-1978.
- ROBIN (P.), BOURDIN (P.) - Note sur l'action du sulfate de sodium, du sulfate de magnésium et du chlorure de magnésium sur le virus de la peste bovine adapté aux cultures cellulaires. *Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop.*, 1966, **19** (4), 451-456.
- ROBSON (J.), ARNOLD (R.M.), PLOWRIGHT (W.), SCOTT (R.G.) - The isolation from an eland of a strain of rinderpest virus attenuated for cattle. *Bull. epiz. Dis. Afr.* 1959, **7**, 97-102.
- ROMEO (C.H.), BARRETT (T.), EVANS (S.A.), KITCHING (R.P.), GERHON P.D.), BOSTOCK (C.), BLACK (D.N.) - Single capripoxvirus recombinant vaccine for the protection of cattle against rinderpest and lumpy skin disease. *Vaccine*, 1993, **11** (7), 737-742.
- ROSSITER (P.B.), JESSETT (D.M.) - Microtitre technique for the assay of rinderpest virus neutralizing antibody. *Res.Vet.Sci.*, 1982a, **32**, 253-256.
- ROSSITER (P.B.), JESSETT (D.M.), TAYLOR (W.P.) - Neutralising antibodies to rinderpest virus in sheep and goats in Western Kenya. *Vet.Rec.*, 1982b, **111**, 504-505.
- ROSSITER (P.B.), JESSETT (D.M.), TAYLOR (W.P.) - Microneutralisation systems for use with different strains of peste des petits ruminants virus and rinderpest virus. *Trop. anim. Hlth. Prod.*, 1985, **17**, 75-81.
- ROSSITER (P.B.), TAYLOR (W.P.), CROWTHER (J.R.) - Antigenic variation between three strains of rinderpest virus detected by kinetic neutralization and competition ELISA using rabbit antisera. *Vet.Microbiol.*, 1988, **16**, 195-200.
- SHAILA (M.S.), PURUSHOTHAMAN (V.), BHAVASARD (D.), VENUGOPAL (K.), VENKATESAN (P.A.) - Peste des petits ruminants of sheep in India. *Vet.Rec.*, 1989, **125**, 602.
- SACREMENTO (D.), BOURHY (H.), TORDO (N.) - PCR technique as an alternative method for diagnosis and molecular epidemiology of rabies virus. *Molecular and Cellular Probes*, 1991, **5**, 229-240.
- SATO (A.T.), HAYAMI (M.), YAMANOUCHI (K.) - Analysis of structural proteins of Measles, Canine Distemper and Rinderpest viruses. *Japan.J.Med.Sci.Biol.*, 1981, **34** (6), 355-364.

- SCOTT (G.R.), BROWN (R.D.) - A neutralization test for the detection of rinderpest antibodies. *J.Comp.Path.*, 1958, **68**, 308-314.
- SCOTT (G.R.) - Bovine Hyperimmune serum in the diagnosis of rinderpest. *Vet.Rec.*, 1962, **74**, 409.
- SCOTT (G.R.) - Rinderpest. *Adv.Vet.Sci.*, 1964, **9**, 113-224.
- SCOTT (G.R.), TAYLOR (W.P.), ROSSITER (P.B.) - Manuel de diagnostic la peste bovine. FAO, Production et santé animale, Rome. 1986, 215 p.
- SHAILA (M.S.), PURUSHOTHAMAN (V.), BHAVASAR (D.), VENUGOPAL (K.), VENKATESAN (R.A.) - Peste des petits ruminants of sheep in India. *Vet.Rec.*, **125**, 602.
- SHERIFF (D.), PIERCY (S.E.) - Experiments with an avianised strain of the organism of Contagious bovine pleuropneumonia. *Vet.Rec.*, 1952, **54**, 615.
- SHESHERADARAN (H.), NORRBY (E.), McCULLOUGH (K.C.), CARPENTER (W.C.), ORWELL (C.) - The antigenic relationship between Measles, Canine distemper and Rinderpest viruses studies with Monoclonal antibodies. *J.gen.Virol.* 1986, **67**, 1381-1392.
- SINGH (K.V.), OSMAN (O.A.), EL CICY (I.F.), BAZ (T.I.) - Colostral transfer of rinderpest neutralizing antibody to offspring of vaccinated dams. *Can.J.Comp.Med.vet.Sci.*, 1967, **31** (11), 295-298.
- SOUTHERN (E.M.) - Detection of specific sequences among DNA fragments by gel electrophoresis. *J.Mol.Biol.*, 1975, **98**, 503-517.
- STEM (C.) - An economic analysis of the prevention of peste des petits ruminants in Nigerien goats. *Prev.vet.Med.*, 1993, **16**, 141-150.
- STODDART (H.L.) - Rapport au Gouvernement du Cambodge sur la Campagne de lutte contre la peste bovine. F.A.O., report ETAP. n° 1749, Rome, 1964.
- STONE (S.S.) - Multiple components of rinderpest virus as determined by the precipitin reaction in agar gel. *Virology*, 1960, **11**, 638-640.
- SYLLA (D.) - Contrôle de qualité du vaccin contre la peste bovine sur culture cellulaire. Centre Panafricain des Vaccins (PANVAC). Projet CTP RAF/88/050, s/c FAO, BP 154 Dakar, Sénégal. 1991, 48 p.
- TACHER (G.) - Projet de développement de l'élevage de l'ouest. Evaluation ex post. République Centrafricaine/Ministère du Développement rural. Octobre 1986, 183 p.

- TAYLOR (W.P.) - Protection of goats against "Peste des petits ruminants" with attenuated rinderpest virus. *Res. vet. Sci.*, 1979, **27** (3), 321-324.
- TAYLOR (W.P.) - A microneutralisation test for detection of rinderpest antibody. *Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop.*, 1984, **37** (2), 155-159.
- TAYLOR (W.P.) - Epidemiology and control of rinderpest. *Rev.Sci.tech.Off.int.Epiz.*, 1986, **5** (2), 407-410.
- THEILER (A.) - Das wie dererscheinen du Rinderpest und die Erfolge der Schutzimpfung in Sudafrika-Mona Ashefte fur praktische Tierheilkunde, 1902, **13**, 145-161.
- THOME (M.) - In : Laboratoire de Farcha, Rapport annuel, 1964, fascicule VII, 1965, 5-27.
- TOUNKARA (K.) - Rapport préliminaire sur la séro-surveillance de la campagne panafricaine de lutte contre la peste bovine. Communication au Research Coordination Meeting organisé par la FAO/AIEA, Nairobi, Kenya, 12-16 juin 1989. 25 p.
- TOUNKARA (K.), MAIGA (S.), TRAORE (A.), KONE (O.), SECK (B.M.), SAMAKE (K.), DIAKITE (K.) - La séro-surveillance des anticorps antibovipestiques chez les bovins en République du Mali. In : The sero-monitoring of rinderpest throughout Africa Phase II. Results for 1992. Proceeding of a final Research Co-ordination Meeting of the FAO/IAEA/SIDA/OAU/IBAR/PARC Co-ordinated Research Programme. Entebbe, Uganda, 15-21 September 1992. 155-170 p.
- VOGELSTEIN (B.), GILLESPIE (D.) - Preparative and analytical purification of DNA from agarose. *Proc.Natl.Acad.Sci.*, 1979, **USA 76**, 615-619.
- VILLEMOT (J.M.), PROVOST (A.), GORET (P.) - Nouvelles recherches sur l'immunisation croisée : maladie de Carré-peste bovine. *Rev.Elev.Méd.vét.Pays trop.*, 1961, **14** (3), 233-244.
- WAFULA (J.S), WAMWAYI (H.M.) - Some factors which could cause rinderpest vaccination failure in cattle. *Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr.*, 1989, **37**, 251-254.
- WALKER (R.V.L.), BAKER (J.A.), JENKINS (D.L.) - Rinderpest II. Certain immunity reactions. *Ann.J.Vet.Res.*, 1946, **7**, 142-144.
- WARREN (J.L.) - The relationships of the viruses of Measles, Canine distemper and Rinderpest. *Advance Virus Res.*, 1960, **7**, 27-60.
- WATERSON (A.P.), ROTT (R.), RUCKLE-ENDERS (G.) - The components of measles virus and their relation to rinderpest and distemper. *Zeitsch.Naturf.*, 1963, **18**, 337-384.

- WHITE (G.) - A specific diffusible antigen of rinderpest virus demonstrated by the agar double diffusion precipitation reaction. *Nature*, 1958, **181**, 1409.
- WHITE (G.), COWAN (K.M.) - Separation of the soluble antigens and infectious particles of rinderpest and canine distemper. *Virology*, 1962, **16**, 209-210.
- YAMADA (O.), MATSUMOTO (T.), NAKASHIMA (M.), HAGARI (S.), KAMAHORA (T.), UEYAMA (H.), KISHI (Y.), UEMURA (H.), KURIMURA (T.) - A new method for extracting DNA or RNA for polymerase chain reaction. *J. Virol. Methods*, 1990, **27**, 203-210.
- YAMAGUCHI (Y.), HIRONAKA (T.), KAJIWARA (M.), TATENO (E.), KITA (H.), HIRAI (K.) - Increased sensitivity for detection of human cytomegalovirus in urine by removal of inhibitors for the polymerase chain reaction. *J. Virol. Methods*, 1992, **37**, 209-218.
- YAMANOUCHI (K.), INUI (K.), SUGIMOTO (M.), ASANO (K.), NISHIMAKI (F.), KITCHING (R.P.), TAKAMATSU (H.), BARRETT (T.) - Immunisation of cattle with a recombinant vaccinia vector expressing the haemagglutinin gene of rinderpest virus. *Vet. Rec.*, 1993, **13**, 152-156.
- YILMA (T.), HSU (D.), JONES (L.), OWENS (S.), GRUBMAN (M.), MEBUS (C.), YAMANAKA (M.), DALE (B.) - Protection of cattle against rinderpest with vaccinia virus recombinants expressing the HA or F gene. *Science*, 1988, **242**, 1058-1061.
- ZWART (D.), MACADAM (I.) - Transmission of rinderpest by contact from cattle to sheep and goats. *Res. vet. Sci.*, 1967a, **8** (1), 37-47.
- ZWART (D.), MACADAM (I.) - Observation of rinderpest in sheep and goats and transmission to cattle. *Res. vet. Sci.*, 1967b, **8** (1), 53-57.