

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT

ANNEE 2002

**CONTRIBUTION A LA MISE EN PLACE  
D'UN SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE  
POUR L'ANALYSE DU RISQUE « PESTE BOVINE »  
EN CENTRAFRIQUE**

THESE

pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement  
devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le  
02 mai 2002  
par

**Alexandre FEDIAEVSKY**

Né le 22 juillet 1974 à Paris (75)

JURY

Président : M.

Professeur à la Faculté de Médecine de CRETEIL

Membres

Directeur : M. BENET

Professeur de Maladies Contagieuses à l'ENVA

Assesseur : M. REMY

Professeur de Pathologie du bétail à l'ENVA

# TABLE DES MATIÈRES

<b><u>INTRODUCTION</u></b> .....	<b>5</b>
<b><u>1. PRÉSENTATION DU MILIEU ET PROBLÉMATIQUE</u></b> .....	<b>7</b>
<b>1.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA RÉPUBLIQUE DE CENTRAFRIQUE</b> .....	<b>8</b>
1.1.1. MILIEU ADMINISTRATIF .....	8
1.1.2. CLIMAT ET VÉGÉTATION .....	9
1.1.3. HYDROLOGIE.....	11
1.1.4. L'ENCLAVEMENT.....	12
1.1.5. POPULATION ET BESOIN ALIMENTAIRE.....	13
1.1.6. L'ÉLEVAGE BOVIN EN RCA.....	14
1.1.7. ENVIRONNEMENT PATHOGÈNE .....	15
<b>1.2. LES INSTITUTIONS DE L'ÉLEVAGE ET DE LA FAUNE SAUVAGE</b> .....	<b>16</b>
1.2.1. L' AGENCE NATIONALE DE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉLEVAGE .....	16
1.2.2. LA FNEC.....	18
1.2.3. LES AUTRES INSTITUTIONS EN RELATION AVEC L'ÉLEVAGE OU LA FAUNE SAUVAGE.....	20
1.2.3.1. Les institutions en rapport avec l'élevage .....	20
1.2.3.2. Les institutions en relation avec la faune sauvage.....	22
<b>1.3. L'ANALYSE ET LA GESTION DU RISQUE « PESTE BOVINE » EN RCA</b> .....	<b>24</b>
1.3.1. PROBLÉMATIQUE DE L'ANALYSE ET DE LA GESTION DU RISQUE .....	24
1.3.2. CONTEXTE ÉPIDÉMIOLOGIQUE.....	25
1.3.2.1. Rappel sur la peste bovine.....	25
1.3.2.2. Historique de la peste bovine en RCA et situation actuelle dans la sous-région .....	28
1.3.3. ÉLÉMENTS DE LA GESTION DU RISQUE .....	31
1.3.4. LA GESTION DU RISQUE PESTE BOVINE PAR LE PROJET PARC-RCA .....	31
1.3.4.1. Organisation du PARC-RCA .....	31
1.3.4.2. Vaccination contre la peste bovine .....	32
1.3.4.3. Sérosurveillance.....	33
1.3.4.4. Épidémiosurveillance.....	34
1.3.4.5. Préparation d'un plan d'intervention d'urgence (PIU) .....	36

**2. MISE EN PLACE DU SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE :**  
**MÉTHODE ET APPLICATION.....41**

**2.1. LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG).....42**

2.1.1. DÉFINITION .....42

2.1.2. MODÈLES DE BASES DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES .....42

2.1.3. NOTIONS DE GÉODÉSIE.....45

2.1.4. ÉCHELLE .....46

2.1.5. QUALITÉ DES INFORMATIONS GÉOGRAPHIQUES .....47

2.1.6. LES FONCTIONS PERMISES PAR UN SIG .....48

2.1.6.1. Bases de données géoréférencées .....48

2.1.6.2. Sélection de voisinage.....49

2.1.6.3. Création de tampons .....49

2.1.6.4. Analyses de recouvrement .....50

2.1.6.5. Analyse de réseau .....50

2.1.6.7. Modélisation de surfaces tridimensionnelles.....51

2.1.6.8. Cartographie .....51

2.1.7. MISE EN PLACE D'UN SIG .....52

2.1.7.1. Conception du SIG.....53

2.1.7.2. Construction de la base de données .....53

2.1.7.3. Exploitation des données géographiques .....53

2.1.8. COMPÉTENCES DES UTILISATEURS DE SIG .....53

**2.2. MISE EN PLACE D'UN SIG POUR L'ANALYSE DU RISQUE PB EN RCA.....54**

2.2.1. CONCEPTION DU SIG .....54

2.2.1.1. Formulation des objectifs .....54

2.2.1.2. Architecture de la base de données.....57

2.2.1.3. Moyens matériels et humains .....57

2.2.2. RÉALISATION DE LA BASE DE DONNÉES. ....58

2.2.2.1. Méthodologie générale.....58

2.2.2.2. La couche de fond du SIG : les données géographiques.....60

2.2.2.3. Inventaire des moyens disponibles pour le plan d'intervention d'urgence.....63

2.2.2.4. Données concernant l'analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine .....68

2.2.2.5. Informations sur les activités du réseau et les campagnes de vaccination.....69

<b>2.3. ÉTAT ET ACHÈVEMENT DE LA BASE DE DONNÉES .....</b>	<b>71</b>
2.3.1. ENVIRONNEMENT GÉOGRAPHIQUE DU SIG .....	71
2.3.2. GESTION DU PLAN D'INTERVENTION D'URGENCE .....	71
2.3.3. ANALYSE DU RISQUE DE RÉINTRODUCTION ET DE DIFFUSION DE LA PESTE BOVINE .....	71
2.3.4. EXPLOITATION DES RÉSULTATS DE VACCINATION ET DU RÉSEAU D'ÉPIDÉMIOLOGIE.....	72

### **3. UTILISATION DU SIG, PERSPECTIVES D'AVENIR ET LIMITES .....**

<b>3.1. UTILISATION DU SIG.....</b>	<b>76</b>
3.1.1. GESTION DU PLAN D'INTERVENTION D'URGENCE .....	76
3.1.1.1. Localisation du matériel.....	76
3.1.1.2. Zonage.....	78
3.1.1.3. Travail à partir du zonage .....	80
3.1.2. ANALYSE DU RISQUE DE RÉINTRODUCTION ET DE DIFFUSION DE LA PESTE BOVINE .....	82
3.1.2.1. Cas du cheptel bovin.....	82
3.1.2.2. Cas de la faune sauvage.....	85
3.1.3. EXPLOITATION DES RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE VACCINATION ET DU RÉSEAU D'ÉPIDÉMIOLOGIE.....	86
3.1.3.1. Campagnes de vaccination.....	86
3.1.3.2. Sérologie.....	87
3.1.3.3. Réseau d'épidémiologie.....	89
<b>3.2. PERSPECTIVES D'AVENIR .....</b>	<b>91</b>
3.2.1. GESTION DU PLAN D'INTERVENTION D'URGENCE .....	91
3.2.1.1. Gestion du PIU en temps réel.....	91
3.2.1.2. Prévision du budget du PIU .....	91
3.2.2. ORGANISATION DES ACTIONS DE SENSIBILISATION ET DE LUTTE .....	92
3.2.3. FONCTIONNEMENT DU RÉSEAU.....	92
3.2.3.1. Définition de zones à risque .....	92
3.2.3.2. Cordon sanitaire.....	93
3.2.3.3. Communication .....	93
3.2.3.4. Évaluation du réseau .....	93
<b>3.3. LIMITES DU SIG.....</b>	<b>94</b>
3.3.1. LIMITES DES APPLICATIONS POSSIBLES .....	94

3.3.1.1. Absence d'analyse en réseau.....	94
3.3.1.2. Facilité des erreurs d'interprétation .....	94
3.3.1.3. Constructions d'indicateurs .....	96
3.3.2. LIMITES TECHNIQUES .....	96
3.3.2.1. Absence de données.....	96
3.3.2.2. Précision et validité des données.....	97
3.3.2.3. Limites de compatibilité de format.....	97
3.3.2.4. Contraintes matérielles et financières.....	97
<b><u>CONCLUSION.....</u></b>	<b><u>99</u></b>
<b><u>BIBLIOGRAPHIE .....</u></b>	<b><u>101</u></b>
<b><u>ANNEXES .....</u></b>	<b><u>107</u></b>
<b><u>ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME DE L'ANDE .....</u></b>	<b><u>109</u></b>
<b><u>ANNEXE 2 : LISTE DES POSTES DE L'ANDE .....</u></b>	<b><u>111</u></b>
<b><u>ANNEXE 3 : FICHE D'ANALYSE INDIVIDUELLE .....</u></b>	<b><u>115</u></b>
<b><u>ANNEXE 4 : FICHE D'ENQUÊTE TROUPEAU .....</u></b>	<b><u>117</u></b>
<b><u>ANNEXE 5 : LISTE DES POSTES DU RÉSEAU.....</u></b>	<b><u>119</u></b>
<b><u>ANNEXE 6 : FICHE DE RAPPORT MENSUEL .....</u></b>	<b><u>121</u></b>
<b><u>ANNEXE 7 : LISTE DES TABLES CONSTITUANT LE SIG.....</u></b>	<b><u>125</u></b>
<b><u>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</u></b>	<b><u>132</u></b>
<b><u>LISTE DES ABRÉVIATIONS .....</u></b>	<b><u>133</u></b>

# INTRODUCTION

La peste bovine est une maladie contagieuse qui a sévi au siècle dernier en Afrique subsaharienne occasionnant des dégâts terribles et mobilisant des projets de lutte considérables. La dernière épidémie remonte aux années 1980 et depuis, le Programme PARC (Pan African Rinderpest Campaign) a réussi à juguler presque complètement la maladie. Cependant des foyers persistent et continuent de constituer une menace pour l'élevage bovin. Les pays qui ont réussi à se débarrasser de la maladie doivent maintenir leurs efforts pour être capables de détecter et d'éliminer toute réapparition de la maladie. L'analyse de risque avec ses composantes de définition, d'analyse et de gestion du risque, est une démarche formalisée qui permet de s'organiser face à l'éventualité de réintroduction de Peste Bovine.

La République de Centrafrique (RCA), où l'élevage constitue un enjeu important de l'économie, se situe dans une zone stratégique en raison de sa proximité avec le dernier foyer de la maladie, dans le sud du Soudan. Le risque a été évalué récemment au cours d'une mission d'expert à l'issue de laquelle l'intérêt de développer un système d'information géographique (SIG) sur les outils de gestion du risque a été mis en évidence. Les premiers pas du développement de cet outil ont fait l'objet d'un stage d'une durée de trois mois dans le cadre d'un diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) de production animale en région chaude.

Après avoir replacé le contexte de l'élevage et de l'analyse du risque «peste bovine» en RCA, cette thèse expose la méthodologie de la mise en place d'un SIG et son application pratique. Enfin les utilisations possibles et à venir du SIG, ainsi que ses limites, sont abordées dans une troisième partie.



# **1. PRÉSENTATION DU MILIEU ET PROBLÉMATIQUE**

Après avoir présenté la République centrafricaine (RCA), cette partie généraliste dresse un tableau de la situation de l'élevage en RCA et des institutions qui le soutiennent. Enfin la problématique de la gestion du risque « peste bovine » est abordée pour permettre de comprendre les enjeux de la mise en place d'un Système d'Information Géographique.

## **1.1. Présentation générale de la République de Centrafrique**

### **1.1.1. Milieu administratif**

La République de Centrafrique (RCA) est une ancienne colonie française ayant obtenu son indépendance en 1960. Les langues parlées sont le français, qui est la langue officielle, le songho, langue véhiculaire commune à toutes les ethnies, ainsi que de nombreux dialectes ethniques.

Comme son nom l'indique, elle occupe une place centrale dans le continent africain (figure 1). Ses voisins sont le Soudan à l'est, le Tchad au nord, le Cameroun à l'ouest, le Congo et la République Démocratique du Congo au sud. Le tracé des frontières, fixé par les anciens colonisateurs, ne comprend qu'une frontière naturelle : le fleuve Oubangui, séparant le sud du pays de la République Démocratique du Congo (ex Zaïre).

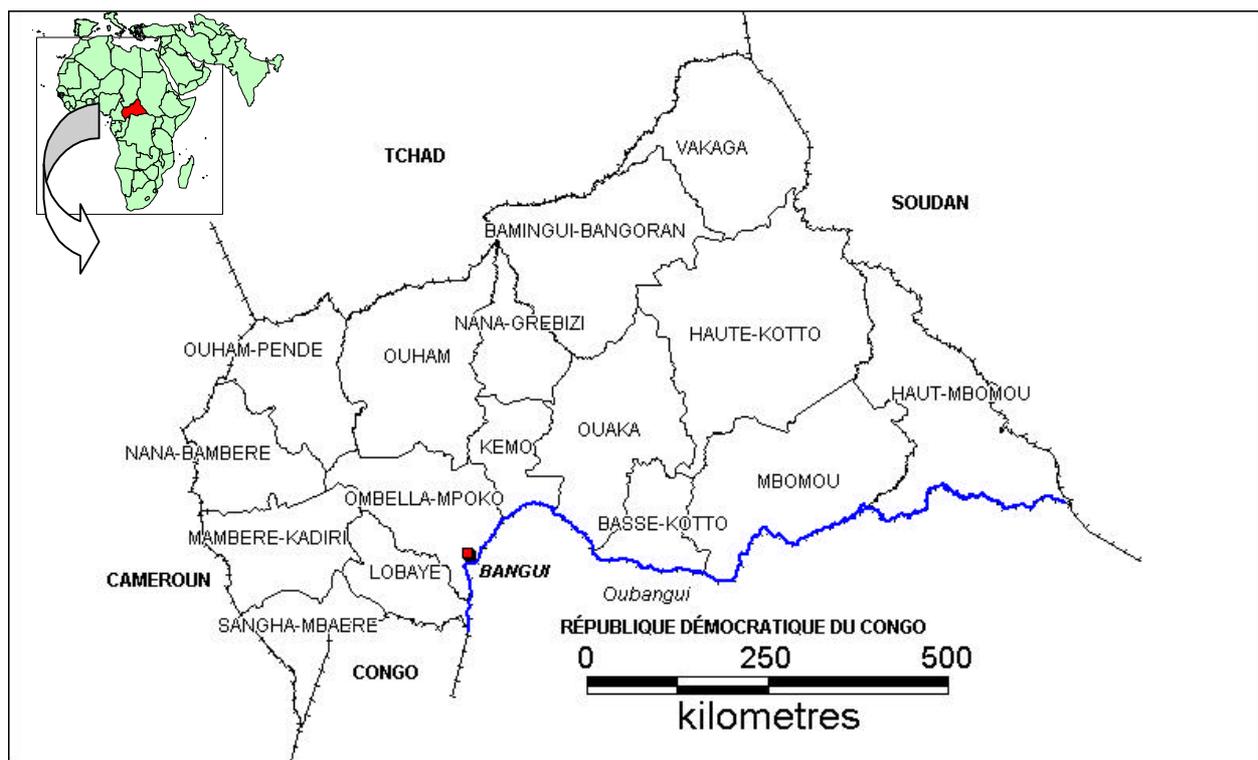


FIGURE 1 : SITUATION DE LA RCA DANS LE CONTINENT AFRICAIN ET DÉCOUPAGE ADMINISTRATIF

La capitale politique et économique, Bangui, se trouve au bord du fleuve. Le pays, d'une superficie de 620 000 km<sup>2</sup>, est divisé en 16 préfectures et 57 sous-préfectures.

### **1.1.2. Climat et végétation**

On s'accorde à reconnaître trois types de climat en Centrafrique :

Un climat tropical humide (de type congo-guinéen) sur la partie sud du pays, où la pluviométrie est supérieure à 100 mm pendant plus de 8 mois ;

Un climat tropical semi-humide (de type soudano-guinéen) avec 6 à 7 mois de précipitations supérieures à 100 mm ;

Un climat tropical sec de type soudano-sahélien avec une courte saison des pluies d'environ 4 mois et une longue saison sèche.

Au découpage climatique correspond un zonage de la végétation comme le montre la figure 2.

Le Sud, plus humide, est occupé par de la forêt dense humide et des savanes forestières. Dans la zone centrale du pays, correspondant à un climat tropical semi-humide, on trouve de la forêt dense sèche et des savanes arbustives. La zone Nord, dont le climat est de type soudano-sahélien, est occupée par de la savane arbustive et de la steppe épineuse.

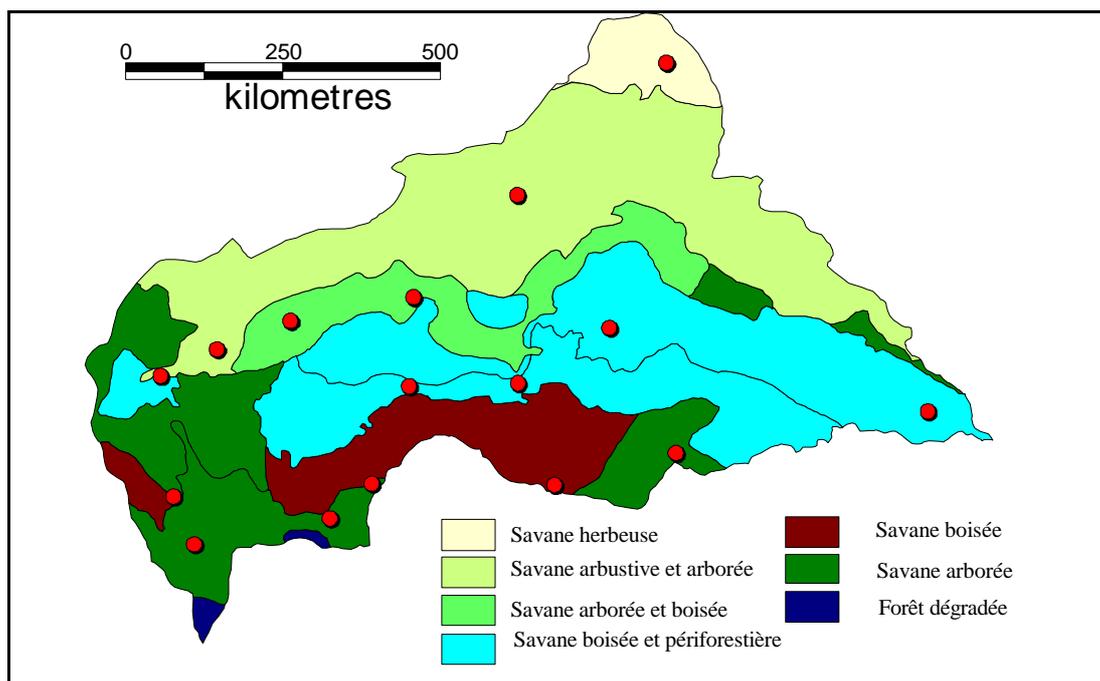


FIGURE 2 : PROFIL VÉGÉTAL DE LA RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE D'APRÈS LE PRASAC

La diversité du profil végétal de la RCA lui confère de nombreuses ressources naturelles. L'exploitation des forêts denses produit des essences de bois tropicaux recherchées, les zones de savanes humides se prêtent à l'exploitation agricole et aux monocultures (café, coton, cacao) tout en laissant une surface de parcours pastoraux proche de 50 % du territoire national (DECOUDRAS, 1984).

L'estimation de la charge annuelle possible pour l'ensemble du territoire, basée sur le calcul de la productivité primaire et de la productivité disponible pour les bovins, atteignait 12 millions de bovins en 1990 pour une population d'environ 2 millions de bovins (Livre blanc de l'élevage centrafricain, 1990). Cette charge possible ne tient pas compte des problèmes de

gestion pastorale et de dégradations, nombreux en Centrafrique. Cependant, on peut considérer que les possibilités de développement de l'élevage bovin ne sont pas encore limitées par la disponibilité alimentaire.

### 1.1.3. Hydrologie

La RCA est un pays traversé par un grand nombre de cours d'eau (figure 3) dont le débit est entièrement conditionné par les pluies (régime simple) et peu de temps après le début de la saison des pluies, la montée des eaux commence. Les crues importantes se propagent en hauteur, générant de nombreuses chutes d'eau et des torrents qui bloquent fréquemment l'accès à certaines routes.

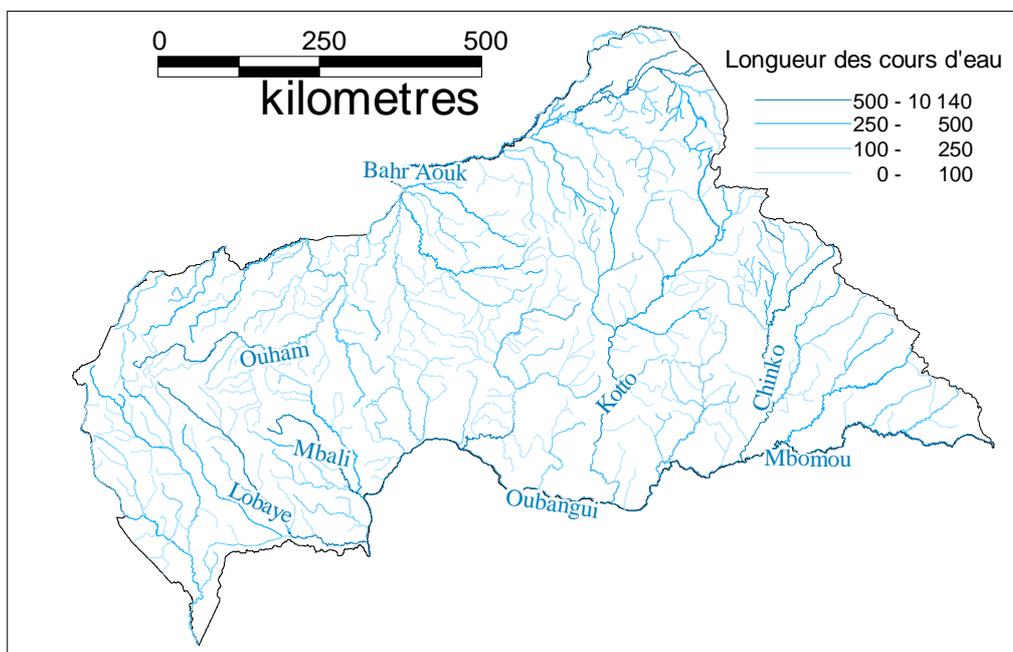


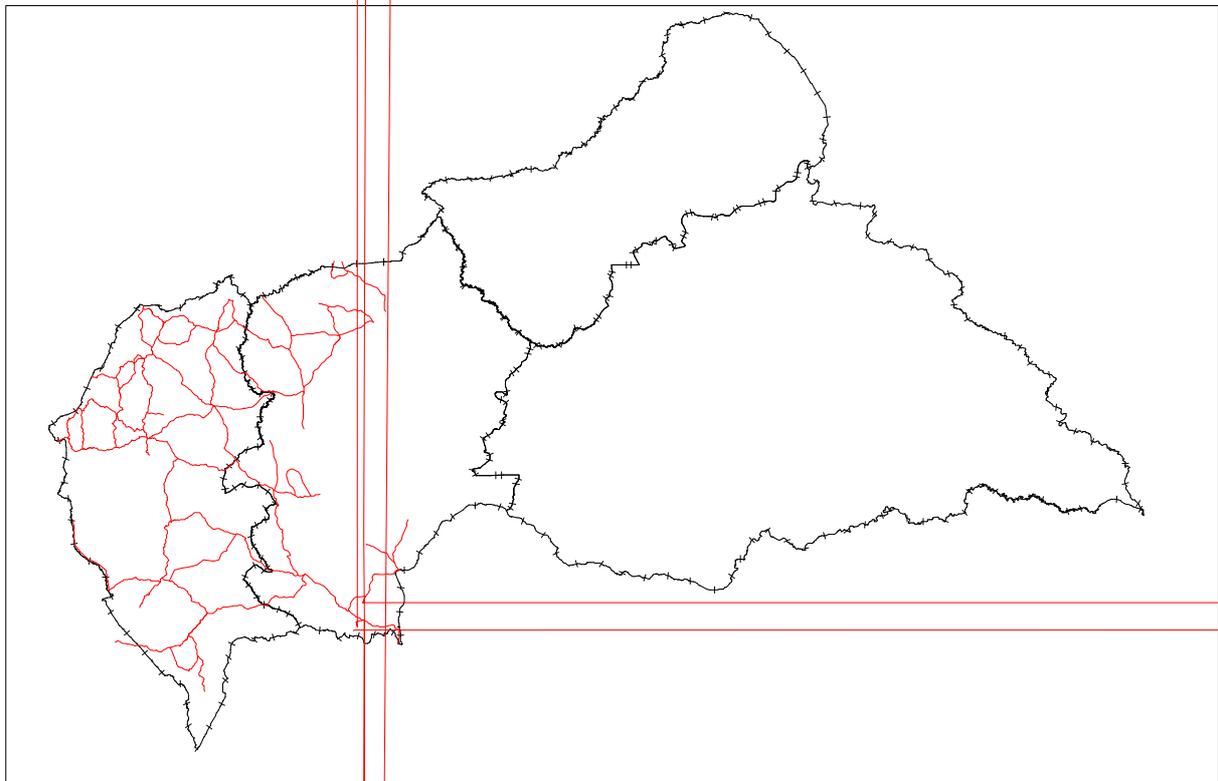
FIGURE 3 : RÉSEAU HYDROLOGIQUE DE LA RÉPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

L'évaporation et l'infiltration de l'eau dans les sols, qui conditionnent la disponibilité en eau, sont élevées si bien que malgré l'importance du réseau hydrologique, des pénuries en eau peuvent se manifester au bout de trois mois de sécheresse (Livre blanc de l'élevage centrafricain, 1990).

Si l'eau est rarement un facteur limitant dans les régions Centre et Ouest, les régions Nord et Est souffrent, d'avantage de sécheresses. L'aménagement de retenues pastorales contribue à l'abreuvement du bétail, en particulier lorsque les marres naturelles ne suffisent plus.

#### **1.1.4. L'enclavement**

La RCA est un pays enclavé. Privée de tout accès à la mer, elle est tributaire pour son approvisionnement de la bonne volonté des pays voisins. Les voies d'accès de nombreux produits de première nécessité sont limitées. Il n'y a pas de voies ferrées et la navigation fluviale n'est possible sur l'Oubangui que pendant une période limitée de l'année, entre la frontière camerounaise et Bangui, aussi les routes constituent la principale voie de convoyage des marchandises. Étant donné les difficultés d'entretien du réseau routier et la grande insécurité des routes (brigandage), les pénuries sont fréquentes. Pendant la mise en place du SIG, la pénurie de carburant a provoqué de nombreuses coupures d'électricité et l'impossibilité de se rendre fréquemment sur le terrain.



L'enclavement de la Centrafrique est également interne (RAMM, 1984). Les routes reliant la capitale, Bangui, aux régions Nord et Est sont rares et incertaines (figure 4). De plus, en saison des pluies, l'isolement des régions les plus lointaines est encore accentué par l'impraticabilité des pistes ; la communication au sein du pays est donc difficile.

Obo

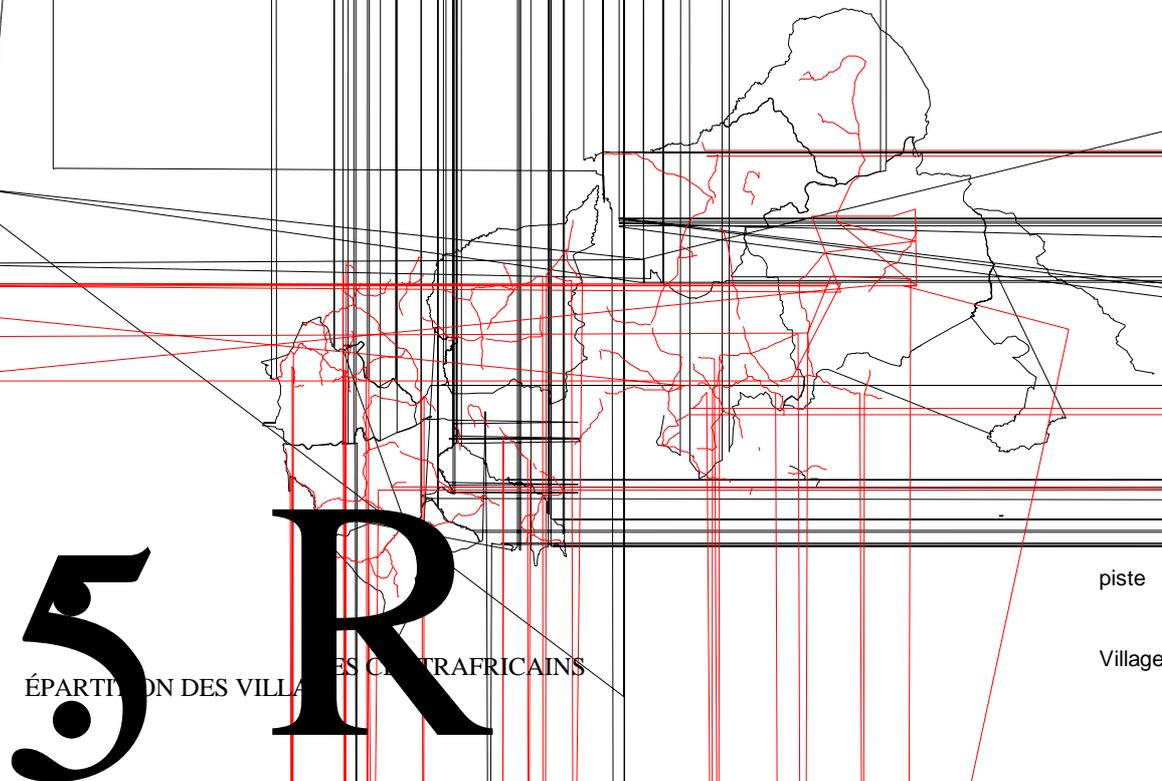
### **1.1.5. Population et besoin alimentaire**

Les données du recensement financé en 1999 par l'UNICEF n'étaient pas encore disponibles. En 1988, la population centrafricaine était estimée à 2,5 millions d'individus avec un taux de croissance proche de 4,5%. La population se concentre dans l'Ouest et le Sud du pays. Les régions Est et Nord sont les moins peuplées. L'arrivée récente de réfugiés soudanais et de réfugiés en provenance de la République Démocratique du Congo a augmenté le peuplement de l'Est du pays.

Sibut

La répartition des villages, le long des axes routiers, reflète la répartition globale de la population (figure 5).

0



FIGURE

Les besoins alimentaires de la population centrafricaine sont globalement couverts. En 1990, la consommation en viande par habitant était estimée à 16,9kg, toutes viandes confondues, dont 83 % pour la viande bovine (Livre blanc de l'élevage centrafricain, 1990). La consommation est plus importante en ville qu'en milieu rural d'où l'importance d'organiser le convoiage des bovins vers les centres de débouchés urbains.

La demande croissante en protéines animales, explicable pour une part par l'accroissement de la population, peu de moins en moins être couverte par les produits de la chasse et de la pêche. Le développement de l'élevage constitue donc un enjeu prioritaire.

### **1.1.6. L'élevage bovin en RCA**

Les premiers éleveurs transhumants Mbororo arrivèrent du Cameroun à l'Ouest de la RCA dans le courant des années 1920. Depuis, l'affluence d'éleveurs d'ethnies variées en provenance du Cameroun, du Tchad et du Soudan n'a pas cessé. On estime actuellement que le nombre de familles d'éleveurs en système transhumant dépasse 15 000 individus. La répartition des bovins est similaire à celle de la population globale de la Centrafrique comme le montre la figure 6.

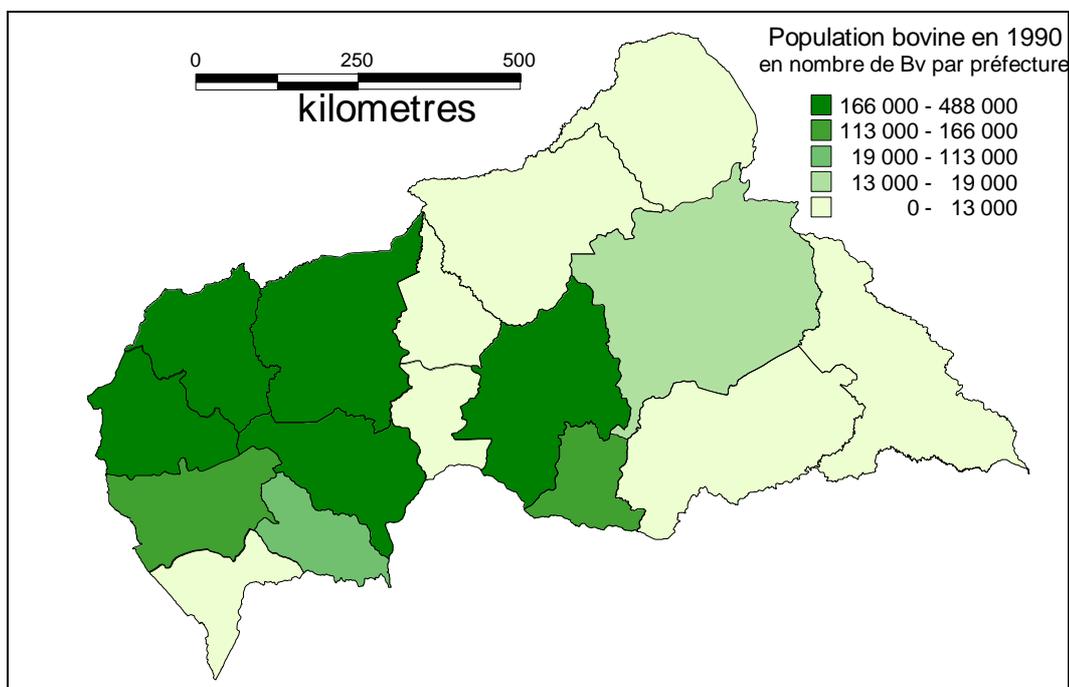


FIGURE 6 : RÉPARTITION DE LA POPULATION BOVINE EN 1990

Les troupeaux Mbororo ont un effectif moyen de 125 zébus par famille, mais ce chiffre élevé cache une répartition très inégale entre les familles : les éleveurs pauvres qui possèdent peu d'animaux sont majoritaires et une petite minorité de familles riches, possédant plus de 200 bovins par éleveur, se partagent la majeure partie du cheptel. Les trois-quarts des éleveurs fonctionnent sur un mode de transhumance de saison sèche (de novembre à mai) sur des distances de 10 à 200 km.

Une faible proportion d'éleveurs fonctionne sur un mode nomade et pose des problèmes d'intégration avec le reste de la population qui les accuse de commettre des pillages et de ne pas respecter les règles de transhumance.

Les tentatives de développement d'un élevage de races trypanotolérantes (Baoulé) qui permettent de s'affranchir d'une des principales contraintes de l'élevage en RCA n'ont pas donné les résultats attendus bien que ces races aient fait la preuve de leur efficacité.

Enfin, la sédentarisation de certaines familles d'éleveurs et l'acquisition de bovins par des familles traditionnellement agricoles sont des processus qui tendent à se généraliser et qui génèrent parfois des conflits d'occupation des sols.

La diversité de l'élevage centrafricain impose un effort d'adaptation de la part des services de l'élevage qui doivent cibler leurs actions sur les préoccupations et les contraintes de ces différents groupes socio-ethniques.

### **1.1.7. Environnement pathogène**

L'environnement pathogène est la principale contrainte de l'élevage centrafricain.

La peste bovine continue de représenter une menace pour l'élevage, tout comme la péripneumonie contagieuse bovine (PPCB).

Les maladies parasitaires sont extrêmement nombreuses et suscitent chaque année de grandes dépenses en produits vétérinaires. La maladie parasitaire la plus répandue est la trypanosomose. Les infestations par les tiques sont massives et vectrices de babésiose, presque toutes les formes de parasitisme intestinal sont présentes.

La fièvre aphteuse, la rhinotrachéite infectieuse bovine (IBR), la maladie des muqueuses et la fièvre de la vallée du Rift ont commencé à faire l'objet d'une surveillance sérologique et le statut de l'élevage bovin centrafricain devrait bientôt être déterminé pour ces maladies.

La tuberculose, la brucellose, le charbon bactérien, le tétanos et la rage sont également présents et constituent une menace permanente pour les éleveurs.

L'étude et la lutte contre ces maladies constituent un enjeu majeur autour duquel doivent se regrouper les institutions d'élevage, les pathologistes et les éleveurs. Actuellement, les efforts de lutte sont surtout financés par des projets étrangers et la privatisation des services vétérinaires, préconisée par les experts, permettrait de conférer une prise en charge plus autonome des questions sanitaires.

## **1.2. Les institutions de l'élevage et de la faune sauvage**

La scène du secteur de l'élevage est dominée par deux institutions (Livre blanc de l'élevage centrafricain, 1990) : l'Agence Nationale de Développement de l'Élevage (ANDE) et la Fédération Nationale des Éleveurs Centrafricains (FNEC).

### **1.2.1. L' Agence Nationale de Développement de l'Élevage**

L'ANDE a été créée en 1989 sur les bases du précédent projet d'élevage, le Projet National de Développement de l'Élevage (PNDE).

La structure de l'ANDE s'inspire de la logique du raisonnement zootechnique, ce qui lui permet de distinguer trois niveaux d'interventions auxquels sont associés des objectifs simples :

- ? La vache : améliorer l'état sanitaire du cheptel ;
- ? Le pâturage : améliorer la gestion et la qualité des pâturages ;
- ? L'éleveur : conseiller et former les éleveurs.

Cette démarche se reflète dans l'organigramme de l'ANDE (annexe 1).

La direction générale est basée à Bangui et supervise l'ensemble des opérations. Elle est dotée d'organes de suivi, d'évaluation et de contrôle (Livre blanc de l'élevage centrafricain, 1990) qui produisent chaque année des rapports d'activité et constituent des sources d'information importantes.

La coordination du PACE (Projet Africain de Contrôle des Épizooties) s'apprête à remplacer la coordination du PARC (Pan African Rinderpest Campaign), son fonctionnement et les actions entreprises sont détaillés dans un paragraphe spécifique.

La direction de la santé animale, basée à Bangui, gère les campagnes de prophylaxie, le service de diagnostic grâce aux laboratoires basés à Bangui et la santé publique. Elle fonctionne en étroite collaboration avec la coordination du PACE.

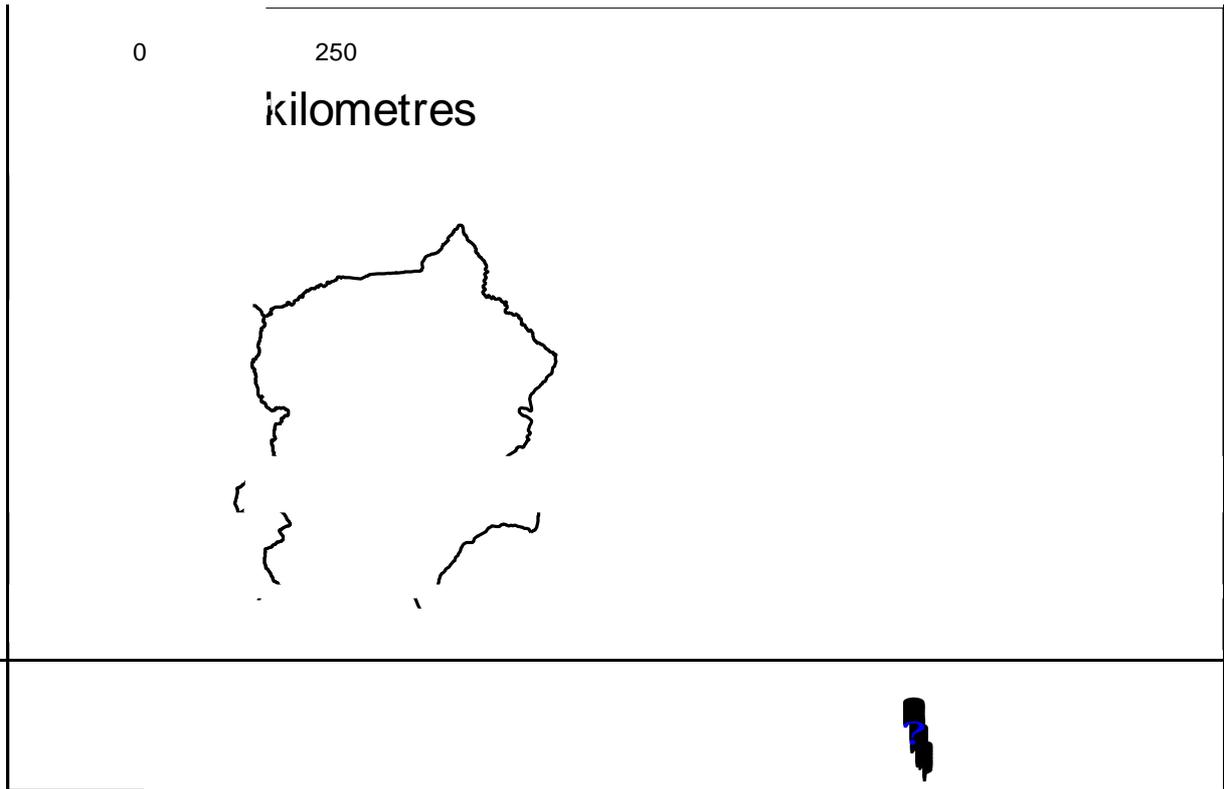
La direction de production animale s'occupe des questions relatives à la zootechnie et à l'agropastoralisme.

Les directions régionales sont au nombre de trois depuis que la région Nord a été rattachée à la région Centre, devenant ainsi une supervision. Elles sont dotées des trois services correspondant aux trois niveaux d'étude cités précédemment : santé animale, production animale et vulgarisation.

Les secteurs vétérinaires sont directement dépendants des directions régionales et subordonnent un nombre variable de postes selon les régions.

Au total, on dénombre 32 secteurs vétérinaires et 118 postes vétérinaires (annexe 2) dont la répartition est donnée sur la figure 7.

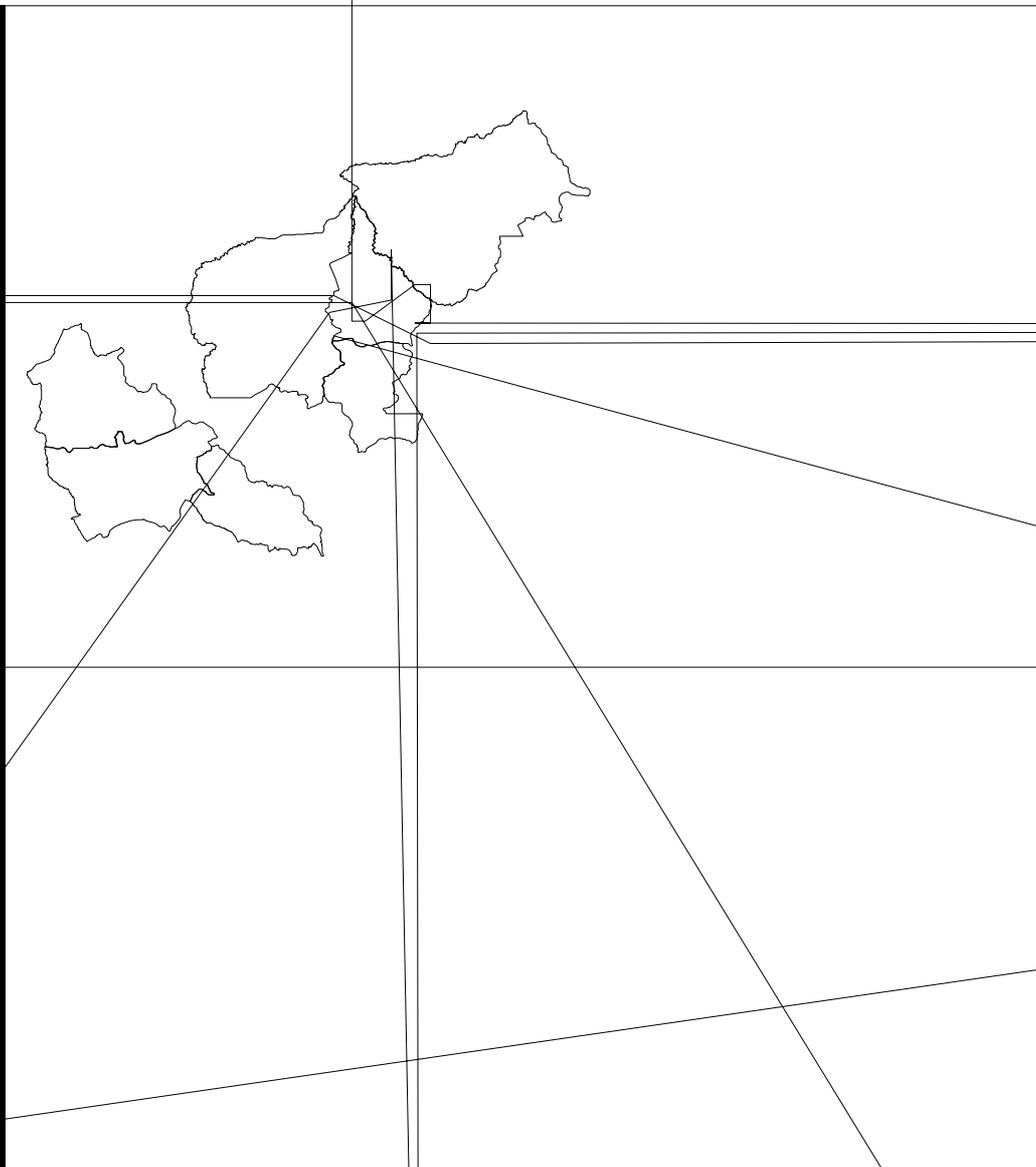
La délimitation des secteurs vétérinaires correspond à la répartition des sous-préfectures. Un secteur vétérinaire peut correspondre à plusieurs sous-préfectures. La délimitation des postes est envisagée dans la deuxième partie.



re depuis 15.ans l'approvisionnement et la distribution des intrants

La FNEC gè

Il existe 270 GIP qui regroupent 6400 éleveurs représentés par un président, souvent le Ardo (chef traditionnel) du groupe d'éleveurs. Les GIP s'étalent largement sur toute la Centrafrique, la figure 8 montre la répartition de ceux qui ont pu être localisés.



### **1.2.3. Les autres institutions en relation avec l'élevage ou la faune sauvage**

#### **1.2.3.1. Les institutions en rapport avec l'élevage**

Le Fond Interprofessionnel de l'Élevage (FIDE) centralise et gère les recettes provenant des cotisations payées par les éleveurs pour adhérer aux GIP, s'approvisionner en intrants et payer la délivrance des certificats sanitaires. Cette institution financière et socioprofessionnelle dépêche des percepteurs au niveau des marchés.

De nombreux projets ou associations sont investis dans le développement rural en RCA. Ils visent la formation, l'éducation des populations rurales et la promotion de techniques agraires comme la traction animale.

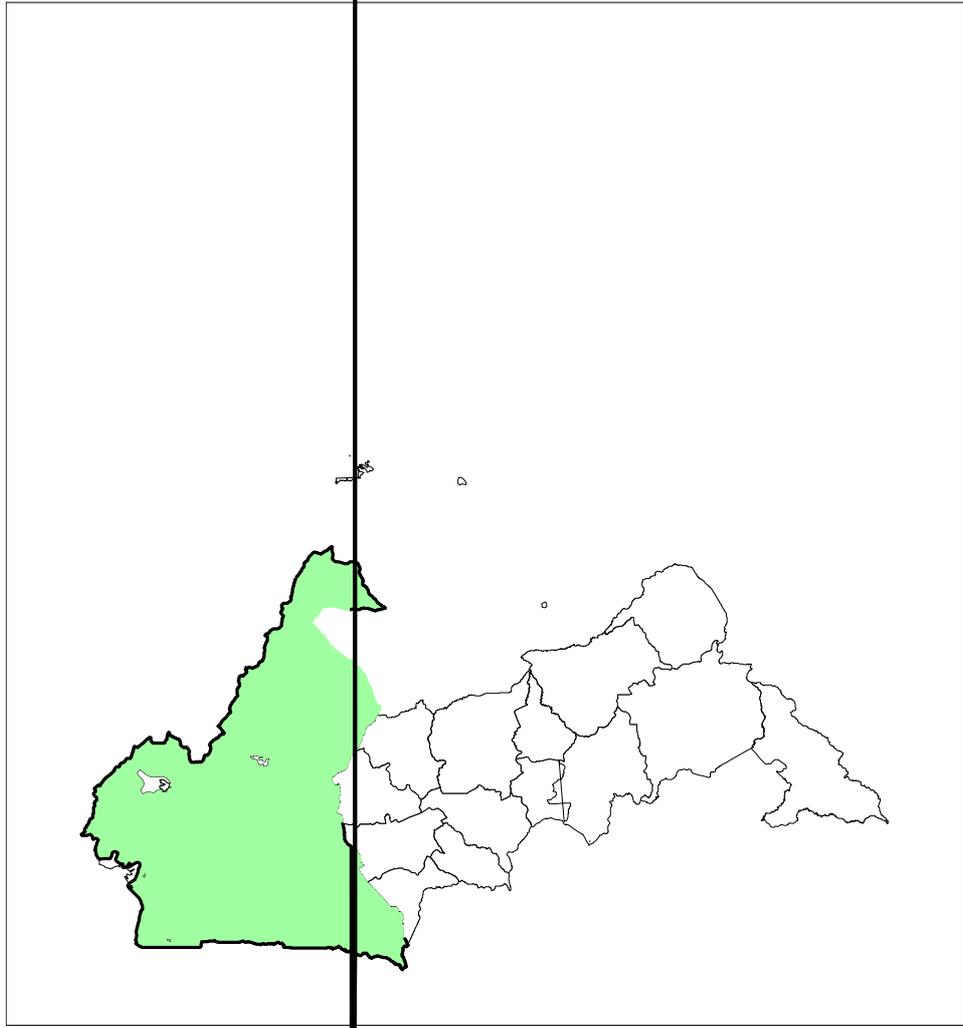
Les Cellules Rurales d'Éducation et de Formation (CREF) font régulièrement appel à l'ANDE et à la FNEC pour diffuser l'information sur le dressage des bovins et la bonne utilisation des produits vétérinaires. La répartition des CREF (figure 9) montre clairement que la distribution est limitée au Centre.



D'autres institutions comme l'Agence Centrafricaine de Développement Agricole (ACDA) ou le Projet de Développement de la Savane Vivrière (PDSV) sont en cours de mutation mais restent des partenaires potentiels de l'élevage.

Le Programme Régional Africain Savane Afrique Centrale (PRASAC) est un projet d'étude régional à cheval sur le Cameroun, la RCA et le Tchad c'est à dire une zone de production agricole vivrière, d'élevage et un important bassin de production cotonnière (figure 10). Comme on le voit, le territoire du PRASAC n'étudie complètement aucun des trois pays.

Ce programme se propose d'observer, de caractériser et de suivre les principaux traits de cette diversité et de ces évolutions afin de comprendre les processus en jeu, diagnostiquer les contraintes au développement régional et réaliser des scénarios d'évolution. Pour y parvenir, le PRASAC a mis en place un observatoire de développement qui s'appuie sur le laboratoire régional de géomatique de Bangui placé sous la tutelle de l'Institut Centrafricain de la Recherche Agronomique (ICRA) (GOUNEL, 2000).



ans la régio

La Propriété de  
l'État

intrusions de bétail dans les zones protégées, régulièrement soldées par l'abattage des troupeaux illégalement introduits. Le PDRN participe également à l'aménagement du territoire (routes, retenues d'eau...) et à la lutte contre le braconnage.

Les zones cynégétiques sont gérées en parcelles par le Ministère des eaux et forêts qui attribue des permis de chasse à des sociétés de Safari (figure 11). Les sociétés de Safari gèrent la faune présente dans leurs concessions et proposent des plans de chasse qui doivent être agréés par le Ministère des eaux et forêts.

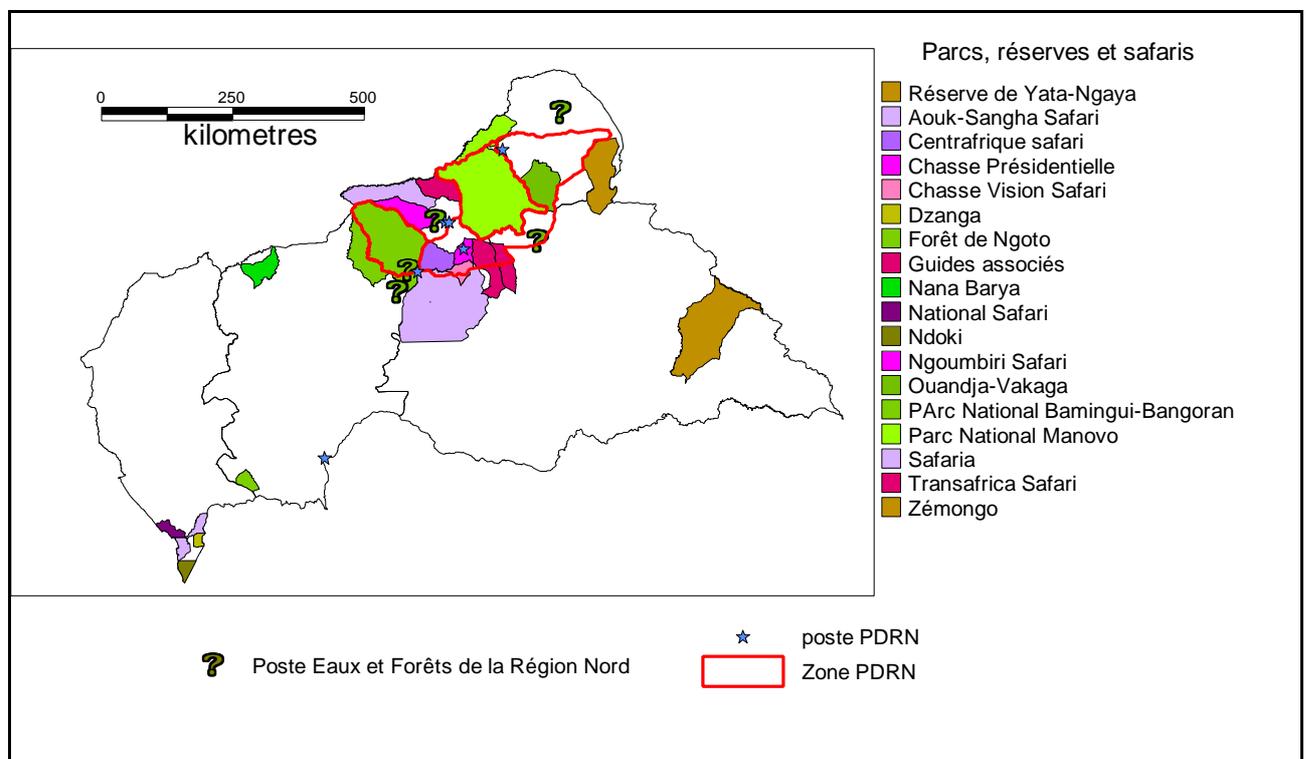


FIGURE 11 : ZONES PROTÉGÉES, SAFARI ET ZONE PDRN

Le Ministère des eaux et forêts possède également un dispositif de terrain réparti en fonction de l'intérêt des zones. Il soutient les actions contre le braconnage du PDRN et exerce un contrôle sur le trafic des animaux et du bois.

Ce panégyrique des institutions et sociétés en contact avec l'élevage bovin et la faune met en évidence la multiplicité des acteurs potentiels et la diversité de relations que doivent entretenir les responsables de santé animale.

### 1.3. L'analyse et la gestion du risque « Peste Bovine » en RCA

#### 1.3.1. Problématique de l'analyse et de la gestion du risque

L'analyse de risque est une démarche intuitive que l'on applique chaque fois que l'on prend une décision, elle peut être formalisée en une série d'étapes logiques (GEERING *et al.*, 1999) :

- ? Appréciation du risque ;
- ? Gestion du risque ;
- ? Communication sur le risque.

Ces étapes sont reprises dans le code zoosanitaire et servent de démarche de travail dans toutes les études portant sur une analyse de risque (figure 12).

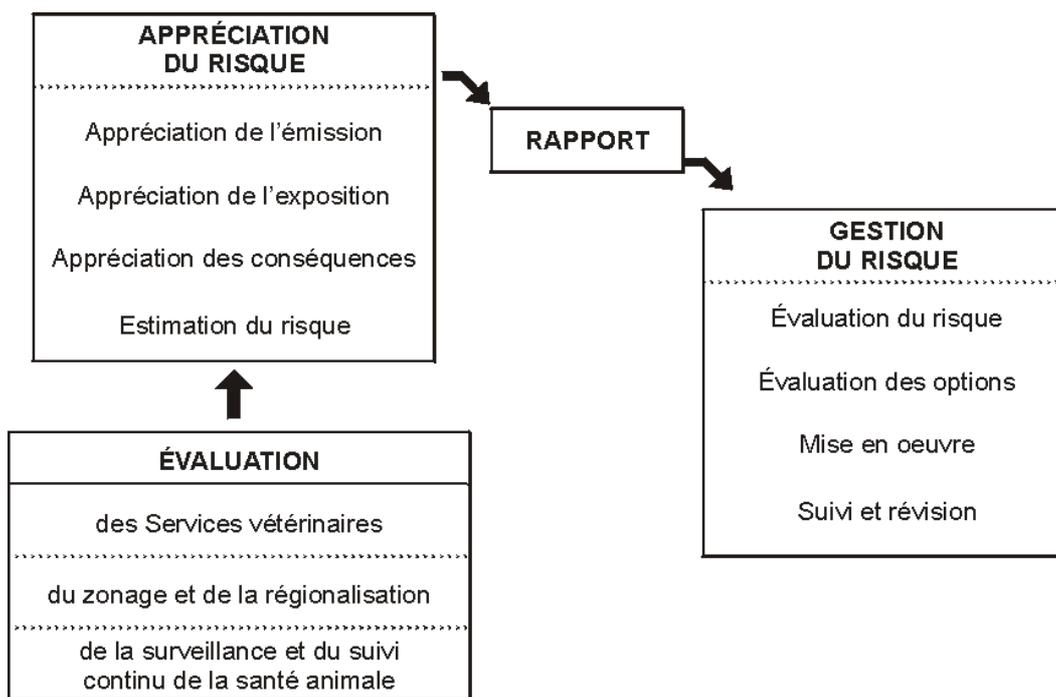


FIGURE 12 : LES ÉTAPES DE L'ANALYSE DE RISQUE (SOURCE : HENDRIKX, 1999)

En novembre 1999, le Dr Pascal Hendrikx a effectué une mission portant sur l'analyse du risque peste bovine en République centrafricaine. En se basant sur sa démarche et les résultats

exposés dans son rapport de mission (HENDRIKX, 1999) on peut évoquer les points qui paraissent indispensables à la compréhension de la thèse.

### **1.3.2. Contexte épidémiologique**

#### **1.3.2.1. Rappel sur la peste bovine**

La peste bovine est une maladie virale aiguë et très contagieuse due à un *Morbillivirus* de la famille des *Paramyxoviridae* qui affecte principalement les bovins, mais peut se transmettre également à l'ensemble des Artiodactyles.

Les Petits Ruminants sont peu sensibles à la maladie mais peuvent néanmoins être infectés par le virus et le transmettre aux bovins (WANWAYI *et al.*, 1995).

Parmi la faune sauvage, certains animaux s'avèrent également extrêmement sensibles : le Buffle, l'Elan et le Phacochère. Dans la faune sauvage, le virus peut se comporter différemment de chez les animaux domestiques et se trouver sous une forme plus virulente alors que des populations domestiques chez lesquelles le virus circule ne présentent pas de mortalité (KOCK *et al.*, 1999). Ainsi la faune sauvage peut avoir un rôle de sentinelle à ne pas négliger.

Classiquement, on décrit l'existence de deux formes de peste bovine en Afrique. L'une est hypervirulente pour la faune sauvage et peut circuler à bas bruit dans le cheptel, l'autre est au contraire virulente pour le cheptel bovin et affecte peu les animaux sauvages (BARRET *et al.*, 1998). Le lien entre ces différences de pouvoir pathogène et les différentes lignées virales qui circulent en Afrique n'a pas pu être établi clairement.

Du fait de la relative fragilité du virus, la maladie se transmet essentiellement par contact direct, de « mufler à mufler » entre un animal en phase fébrile et un animal sain. La transmission peut se faire par voie indirecte, bien que cette modalité soit plus rare, au profit d'un contact avec des matières virulentes fraîches (SCOTT *et al.*, 1986).

Les animaux vaccinés au moyen de vaccins conventionnels ainsi que les veaux dans le hiatus immunitaire de l'âge peuvent, à l'occasion d'une contamination fortuite, être une source

de contagion et jouer le rôle de relais infectieux. Du fait de leur protection, ces animaux ne présentent pas de symptômes et la circulation du virus est alors inapparente (PROVOST, 1982).

La transhumance, les mouvements d'animaux peu ou mal contrôlés, les contacts entre troupeaux et avec la faune sont des facteurs de dissémination importants. Chez les animaux sauvages, on retrouve des considérations analogues : plus les espèces sont grégaires et migratrices, comme les Buffles, plus la dissémination et la propagation de la maladie sont facilitées (DABAS, 1995).

Les facteurs essentiels qui influencent l'épidémiologie de la peste bovine sont :

- La sensibilité des animaux, fonction de l'âge, de l'espèce et du statut immunitaire,
- Le pouvoir pathogène variable des souches,
- Les conditions d'élevage.

Les principaux symptômes de la forme virulente de la maladie comprennent de la fièvre, de l'anorexie, une congestion des muqueuses, des foyers de nécrose épithéliale principalement dans la cavité buccale, une diarrhée noirâtre et une respiration difficile (OBI *et al.*, 1999). La mort survient 2 à 12 jours après l'apparition des premiers symptômes.

La forme hypovirulente est caractérisée par une atténuation des symptômes précédents et une guérison rapide.

La similitude des symptômes de la peste bovine avec ceux d'autres maladies pestiformes (maladie des muqueuses, IBR, fièvre catarrhale maligne) n'autorise qu'une suspicion clinique et le diagnostic de certitude nécessite le recours aux tests de laboratoire.

De nombreuses techniques diagnostiques ont été développées et se basent sur la mise en évidence des particules virales, des antigènes ou des anticorps. La mise en évidence des anticorps post-infectieux ou post vaccinaux par séroneutralisation est une technique accessible à de nombreux laboratoires et a été largement utilisée par le passé, cependant elle tend à être

supplantée actuellement par les différentes techniques d'Enzym Linked Immunoabsorbent Assay (ELISA) disponibles.

L'ELISA de capture permet la mise en évidence des antigènes avec une grande spécificité mais une faible sensibilité (LIBEAU *et al.*, 1994), cette technique s'est bien développée dans les laboratoires africains grâce aux kits diffusés par le CIRADEMVT.

L'ELISA de compétition et l'ELISA de blocage mettent en évidence les anticorps contre la maladie et présentent à la fois une bonne sensibilité et une bonne spécificité (LIBEAU *et al.*, 1997). L'ELISA de compétition permet également de traiter rapidement un grand nombre de prélèvements, ce qui s'avère utile lors des campagnes de surveillance sérologique.

Des kits de chromatographie rapide sont également disponibles pour le diagnostic de terrain mais les performances limitées de ces tests imposent un diagnostic de confirmation par ELISA de compétition. Ils permettent cependant d'accélérer la mise en place des mesures sanitaires en cas de suspicion (HUSSAIN *et al.*, 2001).

En l'absence de traitement contre la maladie, la lutte est orientée vers la prophylaxie médicale ou sanitaire.

La prophylaxie médicale consiste en une vaccination massive des bovins âgés de plus de six mois avec rappel annuel. Plusieurs générations de vaccins se sont succédées pour diminuer les principales contraintes liées à la vaccination en Afrique à savoir, la désactivation du vaccin par la chaleur d'une part et, d'autre part, la difficulté d'effectuer des rappels vaccinaux compte tenu de la grande mobilité des animaux. Le vaccin actuellement employé est un vaccin classique thermostable, le *Thermovax*, qui donne de bons résultats (TULASNE *et al.*, 1996). La résistance de ce vaccin à une température de 37°C est évaluée à 30 ce qui permet donc de réaliser une campagne de vaccination sans chaîne du froid sur le terrain. Un nouveau vaccin recombinant thermorésistant a cependant été développé peu après le *Thermovax* sans avoir encore été utilisé dans des campagnes de vaccination massive (BARRETT, 1996). Le principal avantage du vaccin recombinant par rapport au vaccin thermostable est de conférer une immunité durable avec une seule injection.

Le taux d'immunisation du cheptel permettant de bloquer l'épidémie ne suit pas exactement la loi de Charles Nicolle et se situe d'après Provost (PROVOST, 1982) à 90 % d'animaux immuns.

La prophylaxie sanitaire contre la peste bovine ne présente pas de spécificités et se compose classiquement des méthodes défensives visant à limiter les risques d'apparition de l'infection s'adressant donc à des animaux indemnes et des méthodes offensives visant à éliminer la maladie et à limiter son extension.

#### 1.3.2.2. Historique de la peste bovine en RCA et situation actuelle dans la sous-région

La Peste Bovine n'est plus réapparue en RCA depuis 1983, date à laquelle l'épidémie avait tué plus de 10 000 bovins. A cette époque, elle avait été introduite au Nord-Ouest par la frontière tchadienne.

Depuis cette date, l'éradication de la Peste Bovine est devenue une priorité et des campagnes de vaccination ont été menées régulièrement.

La campagne de vaccination d'urgence de 1983 permit de vacciner 2 400 000 animaux, ce qui fut considéré comme la quasi-totalité du cheptel présent à l'époque (HENDRIKX, 1999). Ce succès fut sans doute attribuable à la panique sévissant parmi les éleveurs puisque par la suite les campagnes organisées jusqu'en 1988 par les Projets de Développement de la Région Est et Ouest (PDRO et PDRE) ont vu les chiffres de vaccination diminuer régulièrement. Les vaccinations de 1988 à 1990 furent assurées par le PNDE.

Après un silence de 4 ans, le Projet PARC-RCA a repris les vaccinations mais sans jamais pouvoir atteindre les 90 % d'immunité qui confèrent la protection du cheptel en cas de réintroduction.

A l'heure actuelle, la peste bovine a presque été éliminée du continent africain et dans la région d'Afrique centrale, le dernier foyer déclaré en 1998 se situait dans le Sud du Soudan (figure 13) à l'est du Nil. Des rumeurs ont circulé, disant que la peste aurait diffusée à l'ouest du Nil mais aucune preuve n'a été apportée (HENDRIKX, 1999). Cependant, l'insécurité qui règne dans cette région conduit à être prudent et l'on ne peut pas encore affirmer que la peste

bovine ne circule plus au Soudan. Par conséquent, et en raison de la proximité de ce foyer avec la RCA, la vigilance des autorités sanitaires ne doit pas baisser.

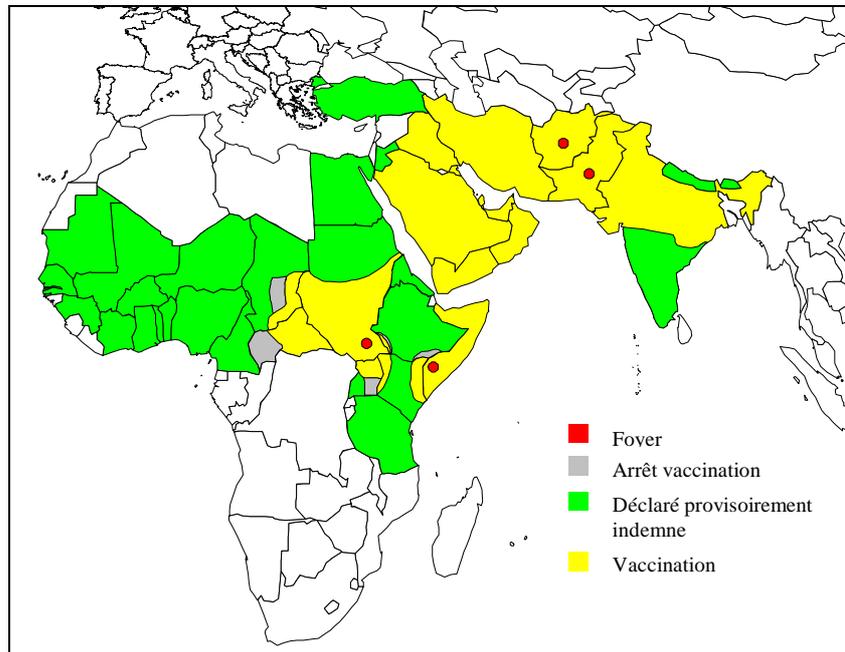


FIGURE 13 : PESTE BOVINE ET PROCÉDURE OIE (SOURCE : RAPPORT HENDRIKX, 1999)

Un grand nombre de pays africains (figure 13) ont aujourd'hui arrêté la vaccination contre la peste bovine et sont en cours d'accréditation pour l'obtention du statut indemne ou provisoirement indemne de peste bovine suivant la procédure OIE. Pour les pays d'Afrique centrale et d'Afrique de l'Est, proches des derniers foyers connus, et dans lesquels l'arrêt complet de la vaccination n'est pas possible, un zonage est proposé en vue d'accréditer les pays zone par zone. Dans le cas de la RCA, la vaccination est autorisée dans un cordon sanitaire, dont le contour a été redessiné (figure 14) en prenant compte des résultats de la mission de Pascal Hendrikx, et s'accompagne d'une surveillance épidémiologique intensive en périphérie du cordon.

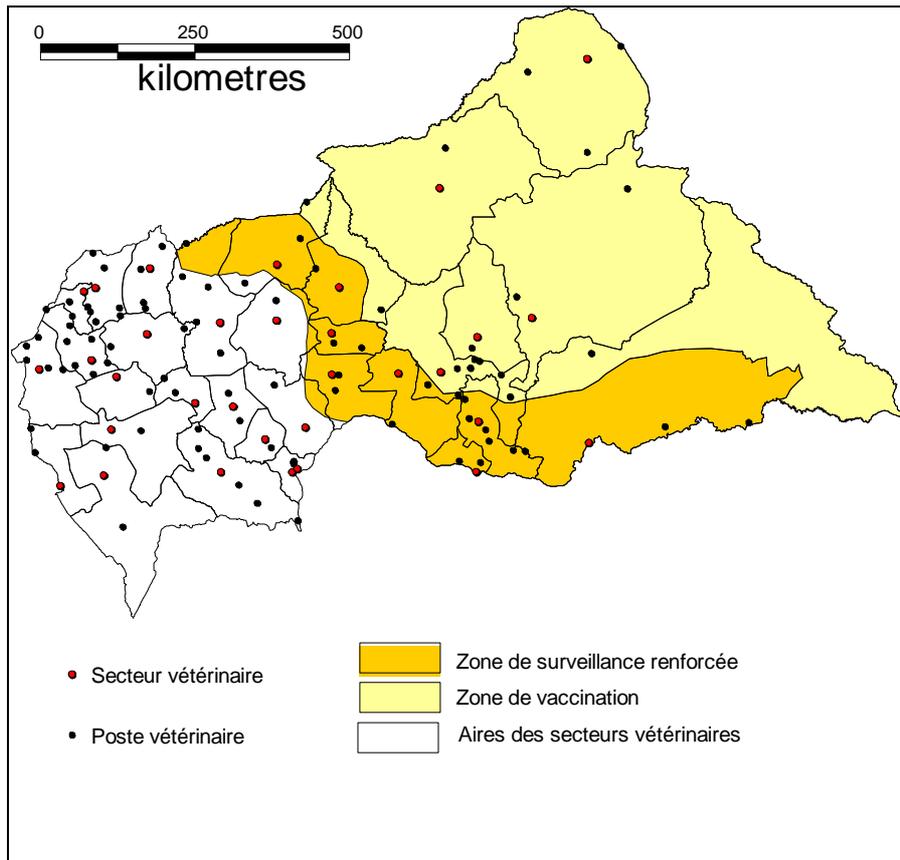


FIGURE 14 : NOUVEAU CORDON SANITAIRE EN RCA

Le bilan de la situation épidémiologique de la peste bovine en RCA permet de cerner les éléments à prendre en compte dans l'évaluation du risque (HENDRIKX, 1999) :

- ? Situation actualisée de la peste bovine dans la sous région ;
- ? Mouvements d'animaux entre la RCA, le Tchad et le Soudan ;
- ? Évaluation du risque de diffusion de la maladie à l'intérieur du pays ;
- ? Rôle de la faune sauvage ;
- ? Conséquences de la réintroduction de la maladie.

Sur la base des points évalués au cours de la mission de Pascal Hendrikx, les éléments de gestion du risque ont été identifiés.

### **1.3.3. Éléments de la gestion du risque**

Devant l'arrêt massif des vaccinations, la surveillance épidémiologique devient plus que jamais indispensable. Les pays doivent être en mesure de réagir rapidement face à une menace de peste bovine pour confirmer toute suspicion et mettre en place un plan d'intervention d'urgence capable de juguler l'avancée de la maladie. Devant le rôle majeur de l'épidémiosurveillance dans les stratégies de lutte contre les maladies contagieuses, on comprend l'importance de doter cette discipline d'outils efficaces et économiques.

La communication sur le risque doit permettre d'améliorer les campagnes de vaccination ainsi que les activités d'épidémiosurveillance et d'aider l'organisation du plan d'intervention d'urgence.

Au moment de la mise en place du système d'information géographique, le dispositif de gestion du risque correspondait au projet PARC-RCA abrité pendant 4 ans par l'ANDE et qui s'apprêtait à être remplacé par le PACE. Le travail a ainsi été effectué pendant la période de transition entre les deux projets et le dispositif du PACE n'étant pas encore en place, l'ANDE fonctionnait avec un budget très limité.

### **1.3.4. La gestion du risque peste bovine par le projet PARC-RCA**

#### **1.3.4.1. Organisation du PARC-RCA**

Le PARC-RCA comprenait deux volets (MAILLARD, 1999). Le premier volet concernait le renforcement des services de santé animale et l'installation du cordon sanitaire dans le Nord du pays, le second volet correspondait à un appui aux associations d'éleveurs et une amélioration de la distribution des intrants vétérinaires. Seul le premier volet concernait directement la gestion du risque peste bovine.

La coordination du PARC-RCA ne disposait pas de service propre. Elle se composait d'un coordonnateur et d'un conseiller technique. Les actions menées par le PARC ont utilisé le même dispositif de terrain que celui de l'ANDE.

Cependant, pour assurer l'ensemble des opérations le projet s'était doté d'équipement : moyens de déplacement, moyens de communication, chaîne du froid, matériel de vaccination et de diagnostic, système informatique. Ces équipements sont, aujourd'hui, pour une grande part amortis. Les actions retenues par le PARC pour la gestion du risque peste bovine en RCA ont été :

- ? La vaccination obligatoire et de masse ;
- ? La sérosurveillance et l'épidémiosurveillance ;
- ? La préparation d'un plan d'intervention d'urgence.

#### 1.3.4.2. Vaccination contre la peste bovine

La vaccination de masse obligatoire était payante. Le prix de la vaccination était fixé à 150 FCFA (soit environ 0,23 €) par bovin. Les recettes dégagées par la vaccination ont servi au fonctionnement de l'ANDE et à la rétribution des agents vaccinateurs. Le vaccin n'était pas thermostable et contenait une valence peste bovine et une valence PPCB.

Pour permettre leur reconnaissance, les animaux vaccinés devaient être marqués d'un trèfle à l'oreille mais le marquage, mal admis par les éleveurs, n'a pas été fait systématiquement.

La vaccination s'organisait en deux campagnes annuelles de vaccination.

La première campagne, dite de saison des pluies, organisée à l'intérieur du pays visait tous les bovins. La sensibilisation des éleveurs commençait plusieurs mois à l'avance, des parcs à vaccination étaient installés dans des endroits stratégiques et les équipes de vaccination disséminées dans les postes vétérinaires recevaient le matériel nécessaire (vaccins et diluants, glacières, seringues automatiques et pinces à marquer) distribué par les secteurs vétérinaires.

La seconde petite campagne, dite de saison sèche, était plus ciblée. Elle se déroulait aux frontières avec le Tchad et le Soudan et visait à vacciner les animaux pénétrant le territoire

centrafricain en provenance de ces deux zones considérées à risque. Elle concernait les animaux de commercialisation et les animaux de transhumance.

Par ailleurs, tous les animaux destinés à l'exportation étaient vaccinés et recevaient un laissez-passer sanitaire.

Le programme de vaccination devait être révisé, conformément à la procédure OIE, pour ne plus avoir lieu que dans le cordon sanitaire.

Les résultats de la vaccination sont évoqués dans la troisième partie.

#### 1.3.4.3. Sérosurveillance

Afin d'évaluer les résultats des campagnes de vaccination, des campagnes de sérosurveillance ont été organisées en 1988 (échantillonnage très partiel), 1994 et 1999. Le plan d'échantillonnage, adapté de celui proposé par la FAO, prévoyait de prélever 40 animaux par troupeaux répartis en quatre classes d'âge : moins d'un an, un à deux ans, deux à trois ans et plus de trois ans. D'autres renseignements concernant l'animal étaient recensés sur des fiches d'analyses individuelles (annexe 3).

Les troupeaux prélevés étaient tirés au sort en fonction de la répartition du cheptel selon les 4 directions régionales. Au total, 7 500 sérums ont été prélevés, ce qui représentait un volume d'analyse considérable.

Les prélèvements de sérum ont été aliquotés et conservés dans une sérothèque. L'analyse des prélèvements a eu lieu au laboratoire d'immunologie de Bangui par ELISA de compétition. Outre la recherche des anticorps dirigés contre la peste bovine, des analyses visant à déterminer le statut des animaux contre d'autres maladies comme l'IBR, la Maladie des Muqueuses et la Fièvre de la vallée du Rift ont été adressées au laboratoire Pasteur de Bangui.

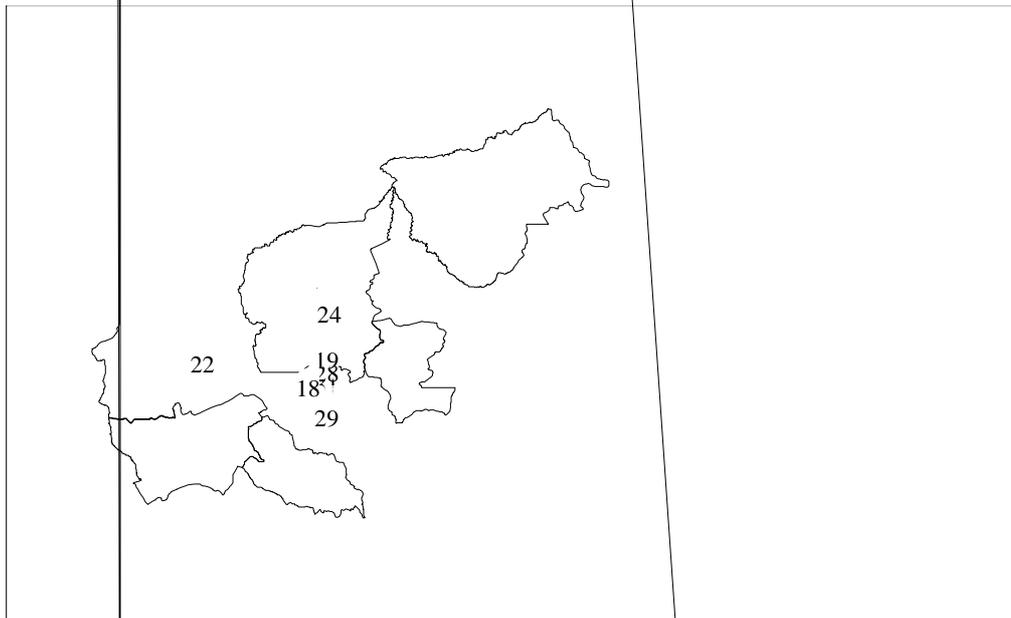
Lors de la dernière campagne (1999), un questionnaire d'enquête très complet (annexe 4) a été adressé aux éleveurs pour permettre une analyse plus détaillée des résultats de

surveillance sérologique et en dégager des conséquences pratiques sur l'organisation des campagnes de vaccination et sur la typologie des éleveurs.

#### 1.3.4.4. Épidémiosurveillance

Un réseau d'épidémiosurveillance, le Système d'Information en Santé Animale Centrafricain (SISAC), a été mis en place en RCA en octobre 1998. Le bon fonctionnement du réseau est l'une des conditions nécessaires à l'arrêt de la vaccination. Les conditions de la création du réseau sont détaillées dans le rapport de fin de mission d'Antoine Maillard, précédent conseiller technique du PARC-RCA (MAILLARD, 1999).

Le réseau utilise des postes vétérinaires (annexe 5) déjà mis en place par l'ANDE et qui ont été choisis en fonction de leur position jugée stratégique (figure 15).



A l'origine, le réseau ne surveillait que la peste bovine et la PPCB, il a ensuite été étendu à l'étude de la trypanosomose, de la babésiose et de la Peste des Petits Ruminants (PPR) en vue de transiter progressivement vers les activités prévues par le PACE.

Le réseau est actif : ses agents organisent des réunions de sensibilisation auprès des éleveurs ce qui leur permet de rester en contact avec eux et de contrôler l'état sanitaire de leurs troupeaux. Des visites ont également lieu sur les marchés à bétail et dans les aires d'abattage.

Les postes proches des frontières du Tchad et du Soudan sont soutenus par des Auxiliaires du Réseau (ADR) en contact avec les éleveurs et les convoyeurs au niveau des postes frontières, pour inciter à la vaccination du troupeau et signaler aux chefs de secteurs toutes les anomalies. Ils jouent un véritable rôle de sentinelle pour le réseau, notamment en ce qui concerne la gestion du risque de réintroduction de peste bovine.

Lorsqu'une suspicion est relevée, la récolte et l'envoi des prélèvements à Bangui suivent une procédure préétablie.

Chaque mois, les agents du réseau remplissent des fiches de rapport (annexe 6) qui sont transmises aux directions régionales puis centralisées à Bangui. Les fiches établissent le bilan des réunions et des visites, des activités des ADR et, le cas échéant, le bilan des suspicions, l'inventaire du petit matériel ainsi que diverses observations regroupées sous la mention « commentaires personnels ».

La diffusion des informations produites par le réseau est assurée par un bulletin d'informations, le SISAC, dont la diffusion se doit d'être large. L'édition du SISAC était censée être bisannuelle mais au moment de la mise en place du SIG, soit presque deux ans après le démarrage du réseau, le deuxième bulletin venait seulement d'être édité et le troisième était en cours de préparation.

L'épidémiologie de la faune sauvage avait déjà commencé avant la mise en place du PACE. Deux campagnes de prélèvements ont eu lieu en 1999 et en 2000, les résultats n'étaient pas encore disponibles au moment de la mise en place du SIG.

Un ancien agent du réseau a également été placé auprès d'un safari pour réaliser des prélèvements post-mortem sur les animaux trouvés morts ou tués au cours des chasses. Bien que les échantillons prélevés de cette façon posent un problème de représentativité et de qualité liée aux conditions de conservation, ce type d'activité de surveillance facilement applicable à peu de frais, complète bien les grandes campagnes de prélèvements sur la faune sauvage qui sont souvent coûteuses en raison de l'appareil logistique et des ressources humaines requises. De plus, les directeurs de safari se montrent coopératifs puisqu'ils bénéficient des informations sur les maladies présentes dans leurs parcs et d'un certain prestige lié à la gestion du statut sanitaire de leurs animaux.

#### 1.3.4.5. Préparation d'un plan d'intervention d'urgence (PIU)

Les grandes lignes du budget prévisionnel du PIU avaient déjà été tracées, prévoyant trois différents niveaux d'alerte possible : locale, régionale et nationale. Le document technique du PIU n'avait cependant pas encore été établi.

Le plan se décompose en 4 étapes (GEERING *et al.*, 1999) activées à partir d'un seuil de déclenchement bien défini :

- ☞ Phase d'investigation ;
- ☞ Phase d'alerte ;
- ☞ Phase opérationnelle ;
- ☞ Phase d'arrêt.

Chacune de ces phases mobilise une ou plusieurs équipes, dont la composition est déterminée par avance. Les différentes équipes d'un PIU sont :

- ☞ Comité national du plan d'intervention d'urgence. (Chef des services vétérinaires) ;
- ☞ Comité consultatif sur les urgences en maladies animales ;
- ☞ Équipe experte en peste bovine ;
- ☞ Équipes locales de contrôle de la maladie.

Les équipes locales doivent être suffisamment nombreuses pour couvrir la zone infectée dans un délai raisonnable.

La délimitation des périmètres d'intervention correspond au travail de zonage et permet de distinguer deux zones : la zone infectée et la zone de surveillance.

La zone infectée s'étend sur un périmètre de 10 km en zone d'élevage intensif et 50 km en zone d'élevage extensif. Elle est centrée autour du ou des foyers et des lieux où un animal sensible est entré en provenance du foyer d'infection primaire dans les 21 jours précédant l'apparition de la maladie. Ces lieux pouvant être des villages, des marchés, des abattoirs ou des points d'abreuvement du bétail. A l'intérieur de ce périmètre les animaux sont immobilisés et tous les mouvements sont contrôlés afin d'empêcher la diffusion de la maladie. Comme ces mesures sont extrêmement contraignantes pour les éleveurs et les commerçants, elles risquent de ne pas être suivies si des barrières ne sont pas mises en place pour surveiller les voies d'accès.

Le périmètre de la zone de surveillance dépend essentiellement des capacités d'intervention du pays. La zone de surveillance est également soumise à une restriction des mouvements et les équipes de terrain doivent travailler de façon centrifuge et concertée afin de détecter au plus vite les foyers périphériques et mettre en place de nouveaux périmètres infectés.

Le zonage doit être détaillé pour permettre un contrôle efficace de la région concernée et doit être actualisé au fur et à mesure de la progression des équipes.

La transhumance et le nomadisme impliquent des difficultés supplémentaires dans l'organisation des opérations puisque les éleveurs sont plus mobiles et moins bien identifiés. Lorsqu'une campagne de vaccination est entreprise, l'immuno-stérilisation de la zone nécessite deux campagnes distantes de moins de six mois. La bonne intégration des représentants locaux de l'élevage dès les premières concertations doit permettre d'assurer la coopération des éleveurs.

Afin de mener à bien le PIU, des points critiques peuvent être identifiés à différents niveaux :

Formation : Il faut veiller à former des équipes par les techniques habituelles de formation de sorte qu'elles soient toujours opérationnelles et organiser des simulations afin de tester le plan et le caractère opérationnel des équipes.

Campagnes de sensibilisation: L'engagement et la communication avec les éleveurs sont primordiaux. Les communications doivent être régulières et rapides pour empêcher les fausses rumeurs de se diffuser. Les éleveurs, leurs représentants, les vétérinaires, leurs agents et les autres acteurs potentiellement impliqués dans la réponse contre la maladie doivent être tenus informés, chacun avec des messages adaptés.

Plan de soutien : Il comporte les aspects législatifs, financiers, communicatifs, matériels, diagnostiques et vaccinaux comme suit.

Un cadre législatif doit être prévu pour assurer une campagne rapide et efficace et doit aborder :

- ✍✍ La déclaration obligatoire des suspicions de peste bovine ;
- ✍✍ Les autorités compétentes pour collecter les échantillons ;
- ✍✍ L'abattage éventuel des animaux contaminés et le paiement des compensations ;
- ✍✍ Les procédures zoo-sanitaires sur les zones infectées ;
- ✍✍ Le contrôle des mouvements, la désignation des zones ;
- ✍✍ Les vaccinations d'urgence.

Le plan de financement veille à ce que le pays dispose de ressources financières rapidement mobilisables pour couvrir :

- ✍✍ Le coût de personnel ;
- ✍✍ Les équipements et consommables ;
- ✍✍ L'abattage et l'élimination des cadavres, la désinfection ;
- ✍✍ Les compensations pour les éleveurs ;

✍✍ La vaccination d'urgence.

Les capacités de communication rapides permettent de répondre aux besoins suivants :

- ✍✍ Avertir les éleveurs ;
- ✍✍ Surveiller activement et passivement la maladie ;
- ✍✍ Faire le suivi des maladies ;
- ✍✍ Établir un système d'information national relié aux systèmes d'information internationaux.

L'équipement à prévoir peut varier suivant le projet technique de contrôle de la maladie mais regroupe le plus souvent :

- ✍✍ L'équipement de prélèvements et d'autopsie ;
- ✍✍ Les notices à laisser en zones contaminées ;
- ✍✍ Les cartes de la région infectée ;
- ✍✍ Les éléments de la chaîne du froid depuis le congélateur jusqu'aux glacières ;
- ✍✍ Le parc véhicule et le carburant ;
- ✍✍ L'équipement pour rassembler les cadavres dans les aires d'élimination ;
- ✍✍ Les formulaires d'enquête épidémiologique.

Les capacités diagnostiques font appel le plus souvent aux laboratoires. Le laboratoire national ou régional doit être équipé et habilité à fournir un diagnostic rapide et fiable et donc disposer des techniques suivantes : IDG ; ELISA b et c et des réactifs *ad hoc*. La destination des différents prélèvements doit être prévue vers les laboratoires régionaux et nationaux, et les laboratoires mondiaux de référence : Pirbright (GB), CIRAD-EMVT de Montpellier (France), National Veterinary Research Centre, Muguga (Kenya).

Le plan de vaccination doit permettre d'identifier une banque de vaccins nationale ou située dans un état voisin, l'établissement d'une chaîne du froid à 4 °C fonctionnelle depuis la fourniture des vaccins jusqu'à leur utilisation, l'équipement en seringues automatiques, en aiguilles et en pinces de marquage et la construction des parcs à vaccination.

Le PIU est un document complexe à établir car il doit prendre en compte le maximum de situations possibles. Il doit être révisé régulièrement de sorte à toujours être adapté au contexte dans lequel il serait éventuellement déclenché.

La gestion du risque peste bovine tient compte de l'épidémiologie de la maladie mais aussi des aspects de communication et d'organisation. À la connaissance des maladies il faut ajouter des données sur les troupeaux domestiques et sauvages, l'organisation pratique et institutionnelle de l'élevage et les infrastructures du pays. L'ensemble de ces données représente un volume considérable lorsque l'on veut les consulter, les analyser ou les réviser. Comme toutes ces informations possèdent une composante spatiale de part leur localisation, leur regroupement sous forme d'un Système d'Information Géographique aboutit à constituer un outil de gestion du risque, comme démontré par la suite.



## **2.1. Les systèmes d'information géographique (SIG)**

### **2.1.1. Définition**

Il existe de très nombreuses définitions des systèmes d'information géographique. Citons en deux, données par Denègre (DENÈGRE, SALGÉ, 1996), particulièrement significatives :

Une définition américaine, émanant du Comité fédéral de coordination inter-agences pour la cartographie numérique (FICCDC, 1988):

« System of computer hardware, software, and procedures designed to support the capture, management, manipulation, analysis, modelling, and display of spatially referenced data for solving complex planning and management problems. »

(Système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.)

Une définition française, donnée par l'économiste Michel Didier dans une étude réalisée à la demande du Conseil national de l'information géographique (CNIG) :

« Ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision. »

Ces deux définitions se complètent opportunément, la première insiste sur les différentes fonctions techniques que doit comporter un SIG, l'autre met l'accent sur la finalité du système, du point de vue de l'utilisateur (DENÈGRE, SALGÉ, 1996). En accord avec la diversité d'application des SIG, différentes méthodes de modélisation géographique peuvent servir de support aux bases de données.

### **2.1.2. Modèles de bases de données géographiques**

Il existe deux modèles de base pour les données géographiques : le mode vectoriel et le mode raster.

Dans le mode raster, l'aire étudiée est quadrillée par une maille de cellules identiques dont la taille dépend de la résolution du système. Chaque cellule est associée à un attribut unique correspondant à une valeur calculée ou enregistrée par une méthode de mesure telle que la radiométrie. Dans ce mode il n'y a pas d'objet géographique en tant que tel mais une série de cellules non reliées entre elles.

Le mode raster repose sur un concept simple mais la précision des résultats dépend de la résolution du système et la vitesse de traitement des informations peut être très lente (SANSON *et al.*, 1991), il s'emploie plus particulièrement pour l'interprétation d'images satellites (SPOT, IKONOS...).

Dans le mode vectoriel, l'espace est composé d'objets géographiques correspondants à des constructions géométriques. Il existe trois types d'objets qui constituent les primitives graphiques : les points définis par des coordonnées (x, y) qui sont les entités de base, les arcs (ou lignes) constitués de points (ou nœuds) reliés entre eux et les surfaces définies par une suite ordonnée d'arcs. Les relations spatiales entre les objets (topologie) sont définies par des fonctions mathématiques du logiciel de SIG qui gèrent les intersections, le sens des arcs, la définition des polygones et le stockage des relations entre objets.

Les objets géographiques sont regroupés logiquement en couches où leur topologie et leur description sont organisées en base de données que l'on peut organiser en thèmes distincts (figure 16). Chaque couche d'objets est ainsi associée à une table dans laquelle les objets sont décrits par les variables classiques (numérique, caractère ou logique) des bases de données relationnelles.

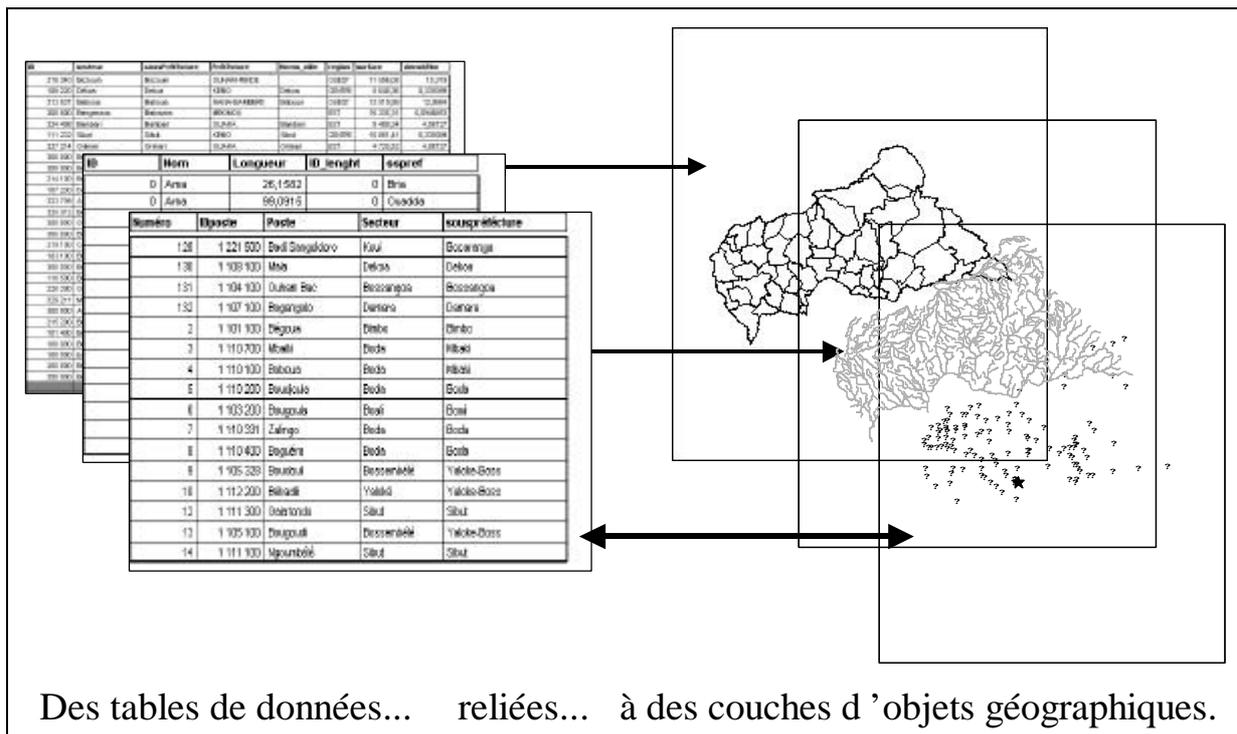


FIGURE 16 : ORGANISATION DES DONNÉES DANS UN SIG EN MODE VECTORIEL

Les objets vectoriels peuvent provenir de différentes sources.

La digitalisation de cartes est une des méthodes les plus communes et se fait au moyen d'une table à digitaliser sur laquelle on dessine les objets figurant sur la carte ou en suivant à la souris le contour d'une carte scannée et géoréférencée.

Les objets peuvent être créés à partir de leur coordonnées spatiales, obtenues au moyen d'un instrument de mesure géographique comme le Global Positioning System (GPS), qui calcule des coordonnées moyennes de longitude, latitude et altitude à partir des signaux émis par les satellites géostationnaires.

La vectorisation de données raster, comme des données de télédétection est une source moins commune mais parfois utilisée notamment en géologie.

Enfin, les objets peuvent être importés à partir de banques de données largement disponibles sur Internet (Digital Chart of the World).

Le mode vectoriel, bien que plus complexe à gérer, autorise une meilleure résolution (SANSON *et al.*, 1991) et tend à s'imposer sur le marché des SIG.

L'originalité des SIG (en mode vectoriel) par rapport aux bases de données relationnelles est donc la possibilité d'associer à chaque enregistrement de la base de donnée un objet géographique. Ceci implique l'acquisition pour l'utilisateur de quelques notions de géodésie.

### **2.1.3. Notions de géodésie**

#### Les coordonnées et les systèmes de projection

Les objets géographiques peuvent être définis par différents types de coordonnées : coordonnées cartésiennes, coordonnées géographiques et coordonnées planes (BERNARD *et al.*, 1997).

Les coordonnées cartésiennes se situent par rapport à un référentiel qui est un repère affine cartésien orthogonal (O, i, j, k) tel que :

- ☞ O, origine du référentiel est proche du centre de masse de la Terre ;
- ☞ L'axe O, k est proche de l'axe de rotation de la Terre ;
- ☞ Le plan (O, i, j) est proche du plan méridien de Greenwich.

Il existe de nombreux référentiels utilisant ce type de coordonnées (WGS 84, ED50, NTF, NAD83...) mais aucun ne s'avère très commode pour représenter des objets à la surface de la Terre.

Les coordonnées géographiques associent au référentiel un ellipsoïde. La projection d'un point sur la surface de l'ellipsoïde permet de déterminer la longitude selon l'axe Est-Ouest et la latitude. Il existe également de nombreux ellipsoïdes (Clarke 1866, Clarke 1880, GRS80...) et un point aura des coordonnées différentes suivant l'association du référentiel et de l'ellipsoïde qui le décrit.

Les coordonnées planes sont permises par la projection de l'ellipsoïde sur un plan. Une projection est une fonction mathématique qui permet de représenter le globe terrestre sur une surface plane, conique ou cylindrique, avec une déformation minimale. Bien qu'il existe de nombreux systèmes de projection (BERNARD *et al.*, 1997) la représentation n'est jamais parfaite et il persiste toujours des déformations de forme, de direction ou de distance.

Les référentiels sont associés à des ellipsoïdes (par exemple référentiel WGS 84 et ellipsoïde GRS80) mais les deux entités sont souvent regroupées sous le terme de référentiel au sens large.

Il n'existe pas de référentiel géodésique unique et optimal pour l'ensemble de la Terre, pour chaque pays correspond un référentiel géodésique qui minimise l'écart entre l'ellipsoïde et le géoïde.

Cependant, avec le développement de la géodésie spatiale, des référentiels géodésiques valables globalement pour l'ensemble de la Terre ont pu être développés, c'est le cas du WGS 84 (World Geodesic System) qui sert de référence lors de la conversion de données d'un système géodésique à un autre (BERNARD *et al.*, 1997).

Ex : en Centrafrique avec le référentiel WGS 84 l'ellipsoïde associé est GRS 80 et la projection correspond à la zone UTM 34 hémisphère Nord.

La conversion d'un système à un autre est une fonction intégrée dans les logiciels de SIG et les conversions sont réalisées avec plus ou moins d'exactitude, le logiciel Mapinfo dans sa version 4.0 a été testé pour cette fonction (BERNARD *et al.*, 1997) et il apparaît que les changements de système de coordonnées sont bien gérés et que l'intégration de données multisources dans le SIG est possible.

#### **2.1.4. Échelle**

L'échelle est le rapport des longueurs réelles et des longueurs représentées sur la carte. Les grandes échelles (1 : 10 000) permettent de représenter beaucoup de détails mais sur un territoire limité, on perd la vision d'ensemble qu'offrent les petites échelles (1 : 1 000 000)

mais pour lesquelles les détails ne peuvent être représentés sous peine de pénaliser la lisibilité de la carte (PACHOLEK, 1994).

La plupart des logiciels de SIG permettent de passer facilement d'une échelle à une autre au moyen de la fonction zoom. Aussi lorsqu'on met en place un SIG, il est important d'avoir une idée des échelles auxquelles on désire travailler, car cela détermine le degré de précision des informations que l'on enregistre. Ainsi, une ville ou une zone cultivée peut-être représentée sous forme d'un point à petite échelle et sous forme d'une surface à grande échelle.

### **2.1.5. Qualité des informations géographiques**

Avec la généralisation des logiciels de cartographie, des SIG, des outils de télédétection et de relevés topographiques, les informations géographiques prennent un volume considérable et les erreurs et incertitudes prolifèrent facilement. Aussi, la question de la qualité des informations se pose systématiquement et des standards ont été élaborés afin d'apporter des éléments de réponse à ces exigences (FRANCK, 1998).

Les informations géographiques de qualité doivent être exhaustives (couverture nécessaire de la zone d'étude pour la réalisation de cartes), actualisées et exactes.

Les problèmes d'inexactitudes et d'erreurs se manifestent surtout lorsque l'on utilise des données de sources variées. En effet, des objets identiques peuvent être enregistrés selon des projections différentes ou selon des projections identiques mais avec des coordonnées légèrement différentes. Ces différences peuvent être dues à la technique de relevé (cartes à différentes échelles ou de plus ou moins bonnes qualités, GPS de qualité variable) ou, comme pour toute mesure scientifique, à l'habileté de l'opérateur.

Les problèmes de projection peuvent normalement être résolus à l'aide du logiciel SIG comme nous l'avons vu. Par contre, les erreurs de relevé sont beaucoup plus difficiles à repérer et à corriger.

Des erreurs peuvent également survenir lorsqu'il existe des différences d'orthographe pour des objets identiques. Ce genre d'erreur peut-être contournée en optant pour une identification numérique des objets.

Pour s'assurer de l'exactitude des informations, il faut rechercher les erreurs à l'entrée des informations et lors de la manipulation des couches. Si on rencontre des erreurs, il faut comparer, si elles sont disponibles, les sources d'informations et conserver les informations provenant des sources les plus fiables et les plus récemment actualisées (il se peut que les données les plus récentes n'aient pas été relevées avec les techniques les plus précises).

Toutes les erreurs ne méritent pas d'être corrigées, c'est la notion de « fitness for use » (FAIZ *et al.*, 1998 ; HARVEY, 1998) selon laquelle il convient d'adapter la précision des données à celle du SIG. Dans le cas de système de surveillance à l'échelle nationale ou même régionale, une erreur de 2 km sur la localisation d'un village ne compromet pas le fonctionnement du SIG, de même qu'un foisonnement d'informations se rapportant à une grande échelle risque d'alourdir inutilement le SIG. On comprend donc qu'il n'est pas toujours indispensable de disposer des instruments les plus performants pour mettre en place un SIG.

## **2.1.6. Les fonctions permises par un SIG**

### **2.1.6.1. Bases de données géoréférencées**

Les SIG permettent d'organiser et de manipuler toutes les informations pouvant être décrites par une localisation comme un nom de ville, un code postal ou des coordonnées géographiques. Les enregistrements, groupés par tables, sont décrits par autant de variables que l'utilisateur le désire et se présentent de façon similaire aux autres bases de données relationnelles. Il est d'ailleurs possible d'utiliser des tables provenant de bases de données existantes sous d'autres logiciels et de leur associer une composante géographique au moyen d'un identifiant commun entre la nouvelle table et une table déjà référencée sous Mapinfo? . Les informations sont représentées, sélectionnées et synthétisées dans un environnement cartographique sous forme d'un objet géographique tel qu'un point, une ligne ou une surface. Grâce à la topologie existant entre les objets, de nombreux traitements spatiaux des données sont possibles (SANSON, 1991). Les surfaces et les distances entre objets sont calculables, on

peut ainsi connaître la distance entre un campement et un poste vétérinaire ou la surface couverte par un secteur vétérinaire.

Par ailleurs la possibilité de lier le SIG à d'autres bases de données permet de bénéficier de fonctionnalités d'autres logiciels, comme la création de formulaires plus conviviaux pour rentrer les données ou l'exportation vers des logiciels de traitement statistiques qui permettent de tester des corrélations géographiques entre la distribution d'une maladie et celle de ses facteurs de risques.

#### 2.1.6.2. Sélection de voisinage

Cette fonction très simple permet à l'utilisateur de connaître la liste de ce qui se trouve dans une zone ou à une certaine distance d'une zone.

Les requêtes de sélection se font en mode Search Query Language (SQL) commun à de nombreux gestionnaires de bases de données relationnelles et utilisent des opérateurs conditionnels de quatre types:

- ☞☞ Booléens : et, ou, non, ou exclusif ;
- ☞☞ Arithmétiques : -, +, \*, / ;
- ☞☞ Relationnels : =, >, <, >=, <= ;
- ☞☞ Géographiques : contient, est à l'intérieur de, intersecte avec.

Le résultat de la requête de sélection est conservé dans une nouvelle table où les enregistrements peuvent être modifiés. De plus les requêtes sont enregistrables sous forme de modèles pouvant être réutilisés. L'utilisateur peut ainsi interroger la base de données pour connaître, par exemple, le matériel disponible dans un poste donné ou les exploitations avoisinant un foyer infectieux.

#### 2.1.6.3. Création de tampons

Les tampons sont des surfaces définies par l'objet, qui suivent le contour et le rayon et qui s'en écartent (figure 17). Ce rayon peut être fixé par l'utilisateur ou dépendre d'une expression complexe dépendant de plusieurs variables.

Ils permettent par exemple de représenter les différentes zones définies autour d'un foyer infectieux (zone infectée, zone surveillée). Tout ce qui se trouve dans la zone tampon peut être sélectionné.

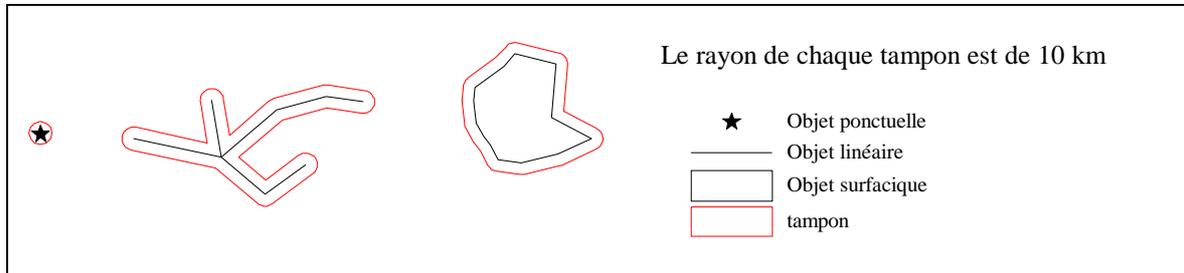


FIGURE 17 : EXEMPLE DE TAMPONS GÉOGRAPHIQUES

#### 2.1.6.4. Analyses de recouvrement

Dans les SIG, les objets sont regroupés par type dans des couches thématiques. Les couches fonctionnent comme des calques que l'on superpose sur une carte et les zones de recouvrement d'objets appartenant à des couches différentes sont reconnues par le système et peuvent être analysées. Il s'agit de requêtes de sélection portant sur plusieurs tables.

Par exemple, en superposant les couches correspondant aux routes, aux points d'eau, aux campements d'éleveurs, aux couloirs de transhumance, aux couloirs de commercialisation et aux aires d'action des postes vétérinaires, on peut déterminer quelles seront les localisations les plus pertinentes pour la construction de parcs à vaccination en fonction de leur accessibilité aux équipes de vaccination d'une part et à la présence des éleveurs d'autre part.

#### 2.1.6.5. Analyse de réseau

Cette fonction, qui n'est pas présente sur tous les SIG, opère des analyses sur des réseaux (comme les routes, les cours d'eau) et permet de calculer des itinéraires, des temps de parcours utile, par exemple, pour calculer le délai d'intervention d'une équipe d'urgence.

En épidémiologie, ceci peut être utilisé pour étudier les risques de dissémination d'une maladie en fonction des déplacements d'animaux, de la vitesse et de la direction du vent ou

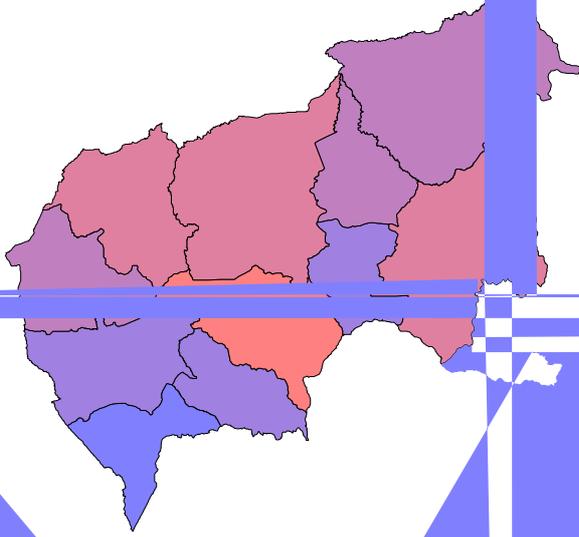
des délais minimums d'intervention. Ainsi, lors de l'épidémie de fièvre aphteuse qui a sévi en 2001 en Grande Bretagne, un modèle spatial de contrôle de la maladie, Interspread, (MORRIS *et al.*, 2001) a été utilisé. Le modèle comprenait une forte composante SIG et utilisait les variables épidémiologiques choisies par les auteurs pour déterminer et représenter le schéma d'extension de la maladie le plus probable.

#### 2.1.6.7. Modélisation de surfaces tridimensionnelles

Ce module présent sur certains logiciels SIG autorise une modélisation tridimensionnelle de l'espace étudié. Cette fonction permet, en plus de présentations spectaculaires, de prendre en compte des différences dues à l'altitude. Cela peut être utilisé, par exemple, en recherche si l'on cherche à prévoir la présence de vecteurs d'une maladie dans une région donnée.

#### 2.1.6.8. Cartographie

Les SIG peuvent être utilisés pour produire rapidement des cartes où n'apparaissent que les éléments disposés par l'utilisateur. Ces éléments peuvent faire l'objet d'analyses thématiques qui attribuent un code visuel aux informations traitées (figure 18). Les variations de couleur ou de tailles sont proportionnelles à la valeur d'une variable ou de plusieurs variables combinées. Différentes analyses thématiques sont superposables sur une même carte et les modèles d'analyses sont enregistrables de la même façon que les requêtes.



5  
 bovins en 1998 par  
 Vente de

52

26

# Bien-être

### 2.1.7.1. Conception du SIG

La conception d'un SIG repose sur les fonctions qu'il doit permettre d'opérer. La première question est donc « ai-je vraiment besoin d'un SIG ? » si la réponse est « oui », alors il est possible d'attribuer à chaque fonction un objectif précis. L'énoncé de l'objectif doit être assez clair pour en déduire les informations à saisir dans la base de données et le type de traitement à leur faire subir. Ceci conduit à prévoir l'architecture des tables et les moyens matériels et humains à mettre en œuvre.

### 2.1.7.2. Construction de la base de données

La construction de la base de données est d'autant plus facile que l'étape de conception est bien faite. Les informations jugées nécessaires sont recensées puis recueillies et saisies dans les différentes tables. On peut distinguer deux types d'informations : les informations purement géographiques (frontières, routes, villes...) qui constituent l'environnement spatial du SIG, et les informations « relationnelles » (relatives aux postes vétérinaires, aux résultats de campagne de vaccination...) qui constituent les éléments de réponses aux objectifs fixés. Il est souhaitable de séparer ces deux types d'informations. Cette phase est la plus longue et l'informatisation préalable des données à saisir sous d'autres systèmes d'exploitation (recensements, cadastres) constitue un gain de temps considérable.

### 2.1.7.3. Exploitation des données géographiques

Les informations enregistrées dans le SIG sont ensuite manipulées et exploitées à l'aide des fonctions précédemment décrites de sorte à produire l'information finale. Les résultats de l'exploitation d'un SIG sont présentables sous de nombreuses formes : cartes imprimées, fenêtres consultables sur le poste de travail ou par l'intermédiaire d'un site Internet ou données à exporter vers d'autres logiciels.

### 2.1.8. Compétences des utilisateurs de SIG

Les compétences d'un vétérinaire utilisateur de SIG peuvent être définies suivant 6 niveaux d'application (SHARMA *et al.*, 1999 (1)).

Le premier niveau de compétence permet de faire des cartes simples et de manipuler les couches géographiques, il relève de l'utilisation générale d'un ordinateur et ne requiert aucune compétence spécifique.

Le deuxième niveau correspond à une compréhension plus approfondie de l'ensemble des menus et fonctions du SIG, il permet de faire des requêtes et des analyses spatiales plus fines.

Le troisième niveau nécessite un investissement de connaissance des problèmes propres aux SIG de la part de l'utilisateur qui est alors capable de faire des requêtes complexes, de créer des modèles et de commencer à programmer.

Le niveau suivant (4) correspond au développement d'applications SIG, les compétences requises en informatique sont nettement plus pointues (programmation indispensable).

Les niveaux 5 et 6 correspondent à la recherche et au développement de logiciels de SIG, ils demandent des connaissances pointues en modélisation, en programmation et en géomatique.

## **2.2. Mise en place d'un SIG pour l'analyse du risque PB en RCA**

### **2.2.1. Conception du SIG**

#### **2.2.1.1. Formulation des objectifs**

A l'issue d'une concertation avec le Dr Kondolas, coordonnateur du projet PACE, et le Dr Michaux, conseiller technique du projet PACE, basée sur les recommandations du Dr Hendrikx, conseiller en épidémiologie du CIRAD-EMVT, les objectifs du SIG ont été formulés.

Le Système d'information géographique pour le réseau d'épidémiosurveillance de la RCA s'articule autour de trois principaux thèmes en relation avec l'analyse du risque Peste Bovine :

- ☞ Gestion du Plan d'intervention d'urgence ;
- ☞ Analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine ;
- ☞ Suivi et représentation des résultats des campagnes de vaccination et des activités du réseau d'épidémiosurveillance.

#### 2.2.1.1.1. Gestion du plan d'intervention d'urgence

Les SIG peuvent participer de nombreuses façons à la gestion d'un plan d'intervention d'urgence. Cependant leur utilisation dans ce domaine est encore récente aussi les fonctions proposées ne sont pas exhaustives par rapport à leur champ d'application global mais correspondent aux applications prioritaires identifiées lors de la concertation.

? Dresser un inventaire détaillé des moyens humains et matériels mobilisables en cas d'urgence : moyens de déplacement, moyens de communication, chaîne du froid, matériel de vaccination et de contingentement des animaux, personnel mobilisable.

Cet inventaire concerne l'ANDE et toute structure dotée de tels moyens qui s'avère susceptible de collaborer au PIU.

? Être capable de mettre en place un zonage de la région affectée par le foyer sur la base des monographies décrivant les secteurs et les postes vétérinaires : périmètre de la zone d'infection, de la zone de surveillance renforcée avec identification des campements d'éleveurs, des élevages sédentaires, des passages de bovins, des marchés et des abattoirs à immobiliser et à surveiller.

#### 2.2.1.1.2 Analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine

L'analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine doit prendre en compte, étant donné la situation épidémiologique en RCA, le cheptel bovin et la faune sauvage (HENDRIKX, 1999).

Concernant les bovins, les mouvements de bétail RCA-Tchad, RCA-Soudan et à l'intérieur de la RCA constituent la composante principale de l'analyse (HENDRIKX, 1999),

et l'on attend du SIG de pouvoir préciser la nature du mouvement, ainsi que l'origine et la destination des animaux.

? Déterminer les mouvements de commercialisation des bovins : couloirs de commercialisation officiels et non officiels, marchés et abattoirs;

? Déterminer les mouvements de transhumance des bovins : couloirs de transhumance, zones de pâturage, campements.

La faune sauvage ne constituant pas un réservoir pour la maladie mais plutôt une sentinelle (DABAS, 1995), on s'intéresse à l'interface faune/cheptel pour repérer les possibilités de contamination des animaux sauvages par les bovins et on cherche à multiplier les observations sur la faune sauvage.

? Déterminer la répartition et la densité de la faune sensible

? Identifier les zones de contacts entre la faune et le bétail

#### 2.2.1.1.3. Interprétation des résultats des campagnes de vaccination et des activités du réseau d'épidémiosurveillance

Une composante importante de l'information en épidémiologie animale est la distribution spatiale des maladies et des efforts de lutte (GEERING *et al.*, 1999), le SIG est l'outil le plus adapté pour interpréter et représenter sous forme de cartes :

Les données de vaccination et de sérosurveillance de la peste bovine ;

Les résultats des enquêtes de sérosurveillance portant sur les autres maladies prises en compte par le réseau pour le cheptel bovin et la faune sauvage ;

Les activités de sensibilisation et de recherche active de la peste bovine et de la PPCB menées par les agents du réseau ;

Les indicateurs de fonctionnement du réseau.

### 2.2.1.2. Architecture de la base de données

Une façon simple de concevoir la base de données est de dissocier les informations appartenant au domaine classique de la cartographie et les informations thématiques qui font l'objet du SIG. Un premier groupe de tables décrit le milieu physique et administratif (frontières, limites des sous-préfectures, des secteurs vétérinaires, des zones protégées et des zones cynégétiques, tracé des routes et des rivières, position des villages). Le second groupe de tables reprend les informations spécifiques du SIG correspondant aux objectifs.

L'avantage d'une telle dichotomie est de pouvoir exploiter facilement les données enregistrées dans les tableurs et les gestionnaires de base de données relationnelles.

Le SIG est donc composé d'un ensemble de tables décrivant la structure du milieu et d'un ensemble de tables d'informations zoosanitaires ou en relation avec le SISAC pouvant être enrichies par l'importation de sources extérieures au SIG.

### 2.2.1.3. Moyens matériels et humains

A l'occasion du stage, un protocole de collaboration a été établi entre l'ICRA et l'ANDE (annexe 7). Le projet PRASAC, hébergé par l'ICRA, a mis en place un SIG sur sa zone d'étude à cheval entre le Tchad, la RCA et le Cameroun (figure 10). La collaboration prévoit de faire bénéficier l'ANDE des compétences de l'ICRA en terme de SIG en échange d'informations sur l'élevage centrafricain qui complètent les données du PRASAC. La collecte du matériel nécessaire au SIG a donc largement bénéficié de cette collaboration.

#### 2.2.1.3.1. Moyens matériels

##### Ordinateur

L'ICRA a mis à disposition un micro-ordinateur PC Compaq? muni d'un processeur Pentium II cadencé à 360 MHz avec une mémoire vive de 32 Mo et équipé d'un lecteur CD-ROM. Ceci est la configuration minimum pour permettre le bon fonctionnement des applications SIG. L'utilisation de mon lecteur ZIP 250 externe a permis le transfert des données d'un ordinateur à l'autre.

## Logiciels

Le SIG a été mis en place sur le logiciel Mapinfo 5.5? disponible au PRASAC.

Le logiciel Access 2000? est utilisé à l'ANDE pour la réalisation d'une base de données sur le SISAC.

### 2.2.1.3.2. Moyens humains

Deux utilisateurs du SIG ont été identifiés à l'ANDE :

Le Dr Kondolas, coordonnateur du projet PACE, déjà formé à l'utilisation de Mapinfo?

Le Dr Michaux, conseiller technique du projet PACE, qui a développé au format Access 2000? une base de données sur le SISAC.

Ce sont eux qui sont chargés de continuer la mise en place et d'assurer la maintenance du SIG. Leur niveau se situe donc entre 1 et 2, ce qui est tout à fait suffisant pour l'utilisation du SIG déjà mis en place.

La partie développement du SIG m'a été confiée, mes compétences se situant entre les niveaux 3 et 4.

### **2.2.2. Réalisation de la base de données.**

#### 2.2.2.1. Méthodologie générale

La réalisation de la base donnée se décompose en une première étape de collecte des informations et en une deuxième étape de saisie et manipulation des données.

La collecte des informations comprend le recensement des données informatisées qui sont directement exploitables et des données qui devront être recueillies ultérieurement par l'étude de rapports et les enquêtes directes.

De part les difficultés rencontrées pour réunir l'ensemble des données (documents non retrouvés, données contradictoires ou sans explication, personnes difficiles à joindre), la saisie

a été faite au fur et à mesure de la récolte des informations. Cette procédure a permis de gagner du temps mais a limité la vision d'ensemble, ce qui a conduit à une redondance de certaines informations d'une table à l'autre et à une présentation moins finalisée de la base de données.

La saisie des données a fait appel à deux logiciels (Mapinfo 5.5? et Access 2000? ). La manipulation des données a consisté, d'une part, à rendre les données plus facilement exploitables pour le SIG et, d'autre part, à assurer le passage des informations entre les logiciels utilisés. L'existence d'un lien entre la base de données (Labo 2) de l'ANDE en cours d'élaboration sous Access2000? et le SIG, a permis d'optimiser l'exploitation de ces systèmes d'informations.

Pour cela deux méthodes étaient possibles : Le mode Open DataBase Connectivity (ODBC) et le mode direct.

Dans le mode ODBC une relation est créée entre les tables Access? et les tables Mapinfo? . Les tables Access? sont associées à un dictionnaire de données géographiques et le positionnement des objets se fait par géocodage. L'association par géocodage consiste à joindre une table contenant les objets géographiques aux tables provenant des autres logiciels par un identifiant commun qui peut correspondre à un nom de village, de zone ou à un identifiant numérique. Ce système présente deux inconvénients majeurs : d'une part, le géocodage ne gère que des objets ponctuels et ne permet donc pas de travailler sur les secteurs, d'autre part, ce procédé n'est pas entièrement fiable et peut induire des erreurs lors de la manipulation des données, ainsi trois géocodages successifs de la même table ont donné à chaque fois des résultats différents.

Dans le mode direct, une table Access? peut être importée sous Mapinfo? et devenir une table Mapinfo? à part entière. La table contient des objets géographiques dont les attributs peuvent être modifiés sous Access? , de la même façon une table créée sous Mapinfo? peut être réexportée vers Access? .

Le mode direct, plus fiable et moins limitant que le mode ODBC, a été le plus souvent adopté après les avoir comparés avec Access 97? et Mapinfo 5.5? à l'ICRA. Une base de travail temporaire (Basevéto) a été créée pour saisir les données.

Un problème de compatibilité de versions s'est posé lorsque la base de l'ANDE a été transférée sur l'ordinateur de L'ICRA. En effet, il s'est avéré que Mapinfo 5.5? est compatible avec Access 97? mais pas avec Access 2000? (contrairement à Mapinfo 6.0? ).

Le problème a été contourné en plaçant les tables de Labo2 sous Mapinfo 5.5? vers une autre table (Véto SIG1) au format Access 2000? (table tampon afin de ne pas risquer d'endommager les données de Labo2) et en exportant les tables de VétoSIG1 vers Basevéto au format Access 97? . Les tables de VétoSIG1 et de Basevéto sont identiques mais seules les tables de Basevéto peuvent être ouvertes sous Mapinfo? , après chaque modification de ces tables il fallait ré-exporter les tables de Basevéto vers VétoSIG1 et Labo2 pour pouvoir bénéficier des modifications sous Access 2000? . De la même façon, après chaque modification d'une table Labo2 ou VétoSIG1 il fallait l'exporter vers Basevéto pour que la modification puisse être prise en compte par Mapinfo? .

Ceci a alourdi la manipulation du SIG mais n'a pas compromis son utilisation. Une autre conséquence de cette incompatibilité est que la base Basevéto n'était plus provisoire mais devait être conservée.

La création de la base de données est décrite en fonction de chacun des grands thèmes de la base.

#### 2.2.2.2. La couche de fond du SIG : les données géographiques

##### **Collecte des données géographiques**

Données existantes

Le PRASAC a mis à disposition un grand nombre de tables Mapinfo? (en projection longitude/latitude WGS 84) relatives à la zone d'étude du PRASAC mais ces données ne couvraient pas l'ensemble de la Centrafrique.

Un jeu de 63 cartes au 1 : 200 000 couvrant toute la RCA et datant de 1961 à 1983 était consultable à l'ICRA.

Le Dr Hendriks a mis à ma disposition une carte IGN de la RCA au 1: 1 500 000 datant de 1991 et numérisée au CIRAD (calée en projection UTM zone 34 Nord /WGS 84), les données qu'il avait collectées lors de sa précédente mission en RCA ainsi que des données téléchargées sur le site Internet de Digital Chart of the World.

#### Données complémentaires

Les informations contenues dans les tables précédentes pouvaient n'être que partielles ou nécessiter une mise à jour. Les informations complémentaires, qui ne figuraient sur aucune carte, ont été recueillies par enquête auprès des services concernés :

- ✍✍État des routes auprès du Ministère des travaux publics ;
- ✍✍Tracés des nouvelles sous-préfectures auprès du Ministère de l'intérieur ;
- ✍✍Position de certains villages auprès du bureau central des statistiques ;
- ✍✍Zones protégées et zones de chasse auprès du Ministère des eaux et forêts.

#### **Saisie et manipulation des données géographiques**

Les objets géographiques appartenant aux couches d'origines différentes et qui concernaient un même thème comme les routes, les rivières et les villages ont été rassemblées dans de nouvelles tables. Les tables contenant les données brutes ont été conservées pour permettre, au besoin, des corrections ultérieures.

Ces différentes données n'ayant pas le même système de projection, une projection commune a été utilisée pour les rendre homogènes. Parmi les différents choix possibles, la projection longitude/latitude WGS 84 a été choisie car elle correspond à celle utilisée par le logiciel Mapinfo? pour opérer les différents calculs.

Les objets géographiques qui n'existaient pas auparavant ont été ajoutés, soit par digitalisation du fond de carte IGN scannée et dans ce cas la précision de la position géographique est mauvaise (l'erreur peut aller jusqu'à 2 km avec cette technique), soit par création de points à partir des coordonnées géographiques. Celles-ci provenant de mesures sur les cartes au 1 : 200 000 (précision de l'ordre de quelques centaines de mètres) ou de points GPS (précision de quelques dizaines de mètres) enregistrés lors du dernier recensement national. Mais cela ne concerne qu'une dizaine de villages car les données étaient encore en cours de traitement au Bureau central des statistiques.

Les enregistrements correspondant aux villages, aux routes, et aux rivières provenant des tables étaient souvent redondants, aussi un premier travail a consisté à rechercher les répétitions et à les éliminer. Pour les routes et les rivières, une simple requête de recouvrement suffisait mais le problème était plus complexe pour les villages.

En effet, la table des villages présentait deux types de répétitions : des villages identiques avec des orthographes parfois différentes et des villages homonymes situés dans une même préfecture mais bien distincts. La recherche de doublons était plus complexe et il a fallu vérifier à l'écran les 1 700 villages enregistrés. Les coordonnées définitives des villages ont été répertoriées dans les champs coordonnées X et Y.

Les routes et les rivières des différentes couches étaient souvent segmentées et ne comportaient aucun attribut. Les différents segments appartenant à un même objet ont été regroupés (un même cours d'eau, un tronçon de route reliant deux postes ou deux villages importants) et les informations (noms, état des routes, longueur des segments) attribuées dans les champs dévolus.

Les tables des régions et des préfectures n'ont pas été modifiées. Les frontières des nouvelles sous-préfectures ont été tracées grâce à des points relevés sur les cartes (Ministère de l'intérieur et Bureau central des statistiques).

Les tracés des zones de chasse et des réserves ont été faits grâce au rapport issu du Ministère des eaux et forêt qui définissait précisément leurs frontières (coordonnées des points limites, rivières de délimitation).

Les tables correspondant à la localisation des infrastructures routières (pompes à essence et barrages) ont été créées à partir de la digitalisation du fond de carte IGN et des informations recueillies auprès des chefs de secteur.

Des ensembles de tables de données géographiques ont été enregistrés sous forme de documents de travail, évitant à l'utilisateur d'ouvrir chaque table une à une.

### 2.2.2.3. Inventaire des moyens disponibles pour le plan d'intervention d'urgence

#### **Collecte des données**

##### Données existantes

Dans le cadre de l'informatisation du réseau d'épidémiosurveillance, une base de données (Labo 2) a été constituée sur Access 2000. Cette base prévoit de regrouper les informations nécessaires à la gestion du plan d'intervention d'urgence, notamment les moyens de déplacement, les moyens de communication et les moyens humains. Cependant, au moment de la mise en place du SIG, seule l'architecture de la base de données avait été développée et la plupart des tables étaient vierges car les données n'étaient pas disponibles.

Des cartes thématiques avaient déjà été établies sous Coreldraw mais le logiciel Mapinfo ne permet pas leur exploitation directe.

Une ancienne liste du personnel sous format Excel était disponible auprès du service du personnel de l'ANDE, la mise en place du SIG a été l'occasion de sa mise à jour.

##### Données collectées

La meilleure méthode pour rassembler les informations concernant le matériel, le personnel et les monographies des secteurs et des postes vétérinaires aurait été de se rendre sur le terrain pour en discuter avec les intéressés. Malheureusement la sévère pénurie d'essence, conjuguée à l'insécurité de certains axes routiers en saison des pluies, a empêché les déplacements. Une mission de terrain a cependant eu lieu aux alentours du 10 août (c'est à

dire un mois avant mon départ). Cette mission qui accompagnait un déplacement du Dr Raphaël Ngaye Yankoisset, directeur par intérim de l'ANDE, s'est rendue à Bossembélé (région Centre) et à Bouar (région Ouest) où se tenaient les réunions des chefs de secteurs de ces deux régions.

Face à l'impossibilité momentanée de récolter les données sur place, des messages radios ont été lancés aux différentes directions régionales demandant de regrouper et de faire parvenir à la direction centrale de l'ANDE les informations convoitées, celles-ci ne sont pas toutes parvenues avec le même niveau de précision.

Les informations concernant la région Centre ont pu être obtenues précocement grâce aux déplacements sur Bangui du Dr Emmanuel Kandoro, chef de santé animale de la région Centre. Elles ont pu être complétées lors de la mission de terrain, des informations précises sur la région Ouest ont également pu être obtenues à cette occasion.

Un travail de monographie des postes vétérinaires mentionnant la zone d'action du poste, les villages, les routes, les zones pastorales et les zones cultivées, les mouvements d'animaux et les campements ainsi que les installations particulières (parcs à vaccination, retenues d'eau) avait déjà été demandé lors du démarrage du réseau pour les postes inclus dans le SISAC mais seulement deux postes avaient fait parvenir leur monographie.

Lors des réunions des chefs de secteurs, des consignes détaillées et illustrées à l'aide d'un exemple ont été données afin d'expliquer le travail de monographie attendu. Pour en faciliter la réalisation, des cartes administratives de la RCA au 1 : 1 500 000 et au 1 : 200 000 ont été mises à la disposition des chefs de secteurs, leur permettant de saisir les tracés administratifs et hydrologiques correspondant à leur zone. Une seule monographie (secteur de Batangafo) a été reçue.

Les moyens disponibles (véhicule, radio, personnel) auprès des autres partenaires de l'élevage et de la faune ont été recueillis par enquête auprès de leur représentant à Bangui, tous n'étaient pas en mesure de fournir des informations intéressantes pour le PIU.

Ont été contactés :

- ☞☞ La FNEC : Fédération Nationale des Éleveurs Centrafricains ;
- ☞☞ La CREF : Cellule Régionale d'Éducation et de Formation ;
- ☞☞ L'ACDA : Agence Centrafricaine de Développement Agricole ;
- ☞☞ L'ACOBECA : Association des Commerçants de Bétail Centrafricain ;
- ☞☞ L'ACCB : Association Centrafricaine des Commerçants en bétail ;
- ☞☞ Le FIDE : Fond Interprofessionnel de l'Élevage ;
- ☞☞ La GTZ : Coopération Technique Allemande ;
- ☞☞ Le PDZCV : Projet de Développement des Zones Cynégétiques Villageoises (ex PDRN : Projet de Développement Rural Nord) ;
- ☞☞ Le Service de la faune du Ministère des eaux et forêts ;
- ☞☞ Le WWF : World Wild Fund ;
- ☞☞ Les sociétés de chasse : Safaria, Aouk-Sangha Safari et National safari (les responsables des autres safaris n'ont pas pu être contactés).

## **Saisie et manipulation**

### Monographies des postes et environnement du PIU

Les tables permettant la localisation des secteurs et des postes vétérinaires ont été créées en sélectionnant les villages correspondants.

Des villages identiques pouvaient être orthographiés différemment suivant les sources, ce qui produisait des erreurs lors des requêtes de correspondances. Un système d'identification numérique permettant de contourner le problème au moyen d'un code à 7 chiffres a été mis au point pour l'identification des postes vétérinaires. Ce système pourrait être étendu à d'autres structures afin d'améliorer la spécificité du système :

- ☞☞ Le premier chiffre code pour la structure (1 pour ANDE) ;
- ☞☞ Le deuxième chiffre code pour la région (1 pour le Centre, 2 pour l'Ouest, 3 pour l'Est, 4 pour le Nord) ;
- ☞☞ Les troisième et quatrième chiffres codent pour le secteur vétérinaire (numérotés de 01 à 32) ;
- ☞☞ Le cinquième chiffre code pour le poste au sein du secteur (il n'existe pas de secteur à plus de 10 postes) ;

Les sixième et septième chiffres reprennent le numéro de réseau pour les postes du SISAC (0 si le poste est hors réseau).

Les identifiants numériques ont été saisis et des champs ont été créés pour décrire les postes : région, préfecture, sous-préfecture, secteur vétérinaire, nom de l'agent en place, coordonnées géographiques.

Lors du recensement des postes vétérinaires, des sous postes sont apparus qui n'étaient pas officiels et dont la création avait en partie échappé aux responsables de l'ANDE. Ils ont été regroupés dans une table mais tous n'ont pas pu être localisés car ils ne correspondaient ni à des villages enregistrés sur la table, ni à des villages existants sur les cartes au 1: 200 000.

Les aires des secteurs vétérinaires correspondaient à une ou plusieurs sous-préfectures, aussi la table correspondant à ces aires a été créée par simple assemblage à partir de la table des sous-préfectures.

Les aires des postes vétérinaires n'ont pas pu être précisées d'avantage que lors de la mission du Dr Hendriks, des zones tampons de 50 kilomètres ont été créées autour de chaque poste pour figurer leur zone d'action en première approximation.

Les monographies qui ont été rendues par les deux chefs de poste (Yongoro et Markounda) et par le chef de secteur (Batangafo-Kabo) ont été digitalisées en utilisant le fond de carte IGN.

### Moyens humains

Les données concernant la liste du personnel de l'ANDE étaient disponibles au format Excel, elles ont été actualisées en comparant la liste aux informations collectées auprès des chefs de secteur. Après actualisation de la liste, l'identification des agents des postes et des secteurs a pu se faire par une correspondance de nom de localisation (là encore les différences orthographiques imposaient une vigilance accrue).

Les moyens humains de la FNEC ont été répartis en deux tables, l'une pour les agents d'animation mutualiste (DAM), l'autre pour les groupements d'intérêt pastoraux (GIP). Les

informations concernant les GIP (localisation, nombre d'adhérents, président du GIP et animateur affilié) n'étaient pas entièrement disponibles.

Les moyens humains des CREF ont été groupés avec leur moyen roulant puisque chaque animateur disposait d'un véhicule.

Les moyens humains des Safaris et des eaux et forêt ont été regroupés dans deux tables Mapinfo? , les informations les concernant pourront être largement complétées avec la mise en place du volet faune sauvage du programme PACE.

### Moyens matériels

Les listes de matériel recensé pendant le stage ont été saisies sous Access 2000? et transférées sous Mapinfo? comme indiqué au paragraphe 2.2.1.

Six valeurs décrivent l'état du matériel, un code numérique est associé à chaque état :

0 : inconnu ; 1 : panne ; 2 : mauvais ; 3 : moyen ; 4 : assez bon ; 5 : bon ; 6 : neuf.

La liste du matériel roulant a été dressée pour l'ANDE, la FNEC, le CREF, spécifiant pour chacune la localisation, la marque, le kilométrage, l'état de fonctionnement et l'attribution ; le tout concernant les véhicules 4x4 et de ville, les motocyclettes ainsi que les vélomoteurs.

La liste du matériel de vaccination et de prélèvement avec localisation, marque, quantité et état a été dressée pour les congélateurs, les glacières, les seringues automatiques, les pinces à marquer et les bidons de diluant.

La liste du petit matériel des postes appartenant au SISAC a été dressée sur la base du contenu des rapports mensuels.

Les moyens de communication recensés (essentiellement la radio) ont été répartis sur deux tables : l'une indiquait la localisation et la structure d'appartenance de la radio, l'autre la fréquence, le mode et les heures d'émission de la radio pour chaque structure.

#### 2.2.2.4. Données concernant l'analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine

##### **Collecte des informations**

###### Données existantes

De nombreuses informations précises et actualisées concernant la localisation des couloirs commerciaux et les mouvements de transhumance ainsi que les ventes de bovins dans les principaux marchés ont été communiquées par le Dr Hendrikx à partir d'enquêtes menées sur le terrain et de cartes réalisées sous Coreldraw? par le précédent conseiller technique du PARC, Antoine Maillard.

###### Données collectées

La densité du cheptel bovin faisait appel aux chiffres du recensement de 1990 et se rapportait aux préfectures (Livre blanc de l'élevage centrafricain, 1990).

Les informations concernant les couloirs de commercialisation ont été enrichies lors de la visite des agents du réseau en poste au PK13, par l'entretien avec Joseph Kolembho, directeur régional Est de l'ANDE et par les entretiens avec les présidents de l'ACOBECA et de l'ACCB.

Les informations sur les transhumances ont été complétées à partir de l'unique monographie qui me soit parvenue. Les informations recherchées étaient précises (village de passage, lieu précis de traversée des rivières, lieu d'établissement des campements) et seul le travail de monographie et/ou de discussion avec les chefs de secteurs et les chefs de postes permettait d'obtenir ce niveau de précision, les réunions en cascade de Bossembélé et Bouar n'ont pas permis ces discussions. A cette fin, il aurait été souhaitable qu'un entretien d'une heure en particulier avec chaque chef de secteur puisse avoir lieu.

Les informations portant sur la faune sauvage et sur les contacts entre la faune et le bétail ont été recherchées auprès du PDZCV et des sociétés de safari mais sans avoir toujours pu atteindre le niveau de précision recherché, notamment les données sur la répartition et la densité de la faune n'étaient pas disponibles.

### **Saisie et manipulation**

Les tracés des mouvements d'animaux, qu'il s'agisse des couloirs de commercialisation ou des couloirs de transhumance, ont été repris des tables de Pascal Hendriks et complétés par digitalisation grâce aux informations collectées. Des champs décrivant la source de l'information et la nature des mouvements ont été prévus.

Les informations au format Excel? concernant les ventes et les abattages des bovins pour la période de 1996 à 1998 d'après le service de suivi et évaluation de l'ANDE décrivaient des marchés et des abattoirs différents, à la fois de ceux repérés par Pascal Hendriks et de ceux figurants dans le rapport sur les marchés datant de 1994. Un travail de vérification des données a donc eu lieu.

L'ensemble des données a été regroupé dans deux tables Mapinfo? (l'une pour les marchés, l'autre pour les abattoirs). Le positionnement des marchés et abattoirs s'est fait par géocodage (correspondance du nom) à partir des villages. Les différences d'orthographe et l'absence de certains villages a imposé de vérifier la position de chaque point et de s'enquérir auprès du Bureau central des statistiques de la position des marchés et abattoirs manquants. Malgré l'excellente coopération de ce bureau, tous les points n'ont pas pu être trouvés.

#### 2.2.2.5. Informations sur les activités du réseau et les campagnes de vaccination

### **Collecte des données**

#### Données existantes

La base de données du SISAC prévoyait l'enregistrement des fiches d'analyses et des enquêtes troupeaux. La saisie n'a commencé qu'avec le début de la mise en place du SIG et

finalement, seules les données des régions Est, Nord et d'une partie du Centre ont été disponibles.

Parmi les informations communiquées par Pascal Hendrikx figuraient les résultats par préfecture des campagnes de vaccination de 1990 à 1995 inclus.

### Données collectées

Les rapports disponibles sur les campagnes de vaccination et la sérosurveillance de la peste bovine ont fourni des résultats par secteur.

Les activités du réseau ont été étudiées sur la base des rapports mensuels renvoyés par les agents du réseau.

### **Saisie et manipulation des données**

Le dernier rapport mensuel remis par chaque chef de poste du réseau a été saisi dans la table Access 2000? correspondante à partir de laquelle des données pouvaient être extraites pour mettre en évidence les activités du réseau.

Les résultats des campagnes de vaccination par secteur ont été saisis sous Access 2000? .

Les résultats des campagnes de sérosurveillance de 1999, déjà partiellement saisis dans Labo2, n'étaient pas exploitables directement puisqu'il s'agissait de données individuelles identifiées par le troupeau sans référence à la localisation du prélèvement. Il a donc fallu les regrouper d'abord par troupeau puis par poste. Les résultats ont pu ensuite être facilement exprimés par secteur, par préfecture et par région.

Les résultats des campagnes de surveillance sérologique des années 1988 et 1994 ont été saisis par secteur à partir des rapports correspondants. Certaines données incohérentes ont dû être recalculées.

## **2.3. État et achèvement de la base de données**

Le SIG comprenait à la fin de la période de stage un total de 96 tables (annexe 7). Certaines d'entre elles contenaient des informations redondantes pour les raisons évoquées ultérieurement.

Les grands thèmes définis dans les objectifs ont tous été abordés cependant, peu d'entre eux ont pu être achevés. Il est vrai que la mise en place d'un SIG est un travail qui doit être entrepris à long terme. Il convenait donc de faire un état des lieux de ce qui avait été accompli pour la base de données et d'en dégager les informations manquantes qui devaient venir la compléter.

### **2.3.1. Environnement géographique du SIG**

L'environnement géographique du SIG était très complet. Les informations concernant l'état des routes et la position des péages doivent être mises à jour régulièrement, au moins une fois par an. Les villages qui n'ont pas pu être localisés pourront l'être lorsque les données du dernier recensement national seront disponibles.

### **2.3.2. Gestion du plan d'intervention d'urgence**

Le recensement des moyens matériels et humains n'a pas pu être achevé et doit être poursuivi par les utilisateurs du SIG.

Des réunions des chefs de postes et de secteurs devaient se tenir, peu de temps après mon départ, à l'occasion du démarrage du programme PACE et avaient été identifiées comme une opportunité de centraliser les monographies et de compléter les données manquantes.

Tout nouveau matériel alloué à l'occasion du PACE serait plus facile à enregistrer puisqu'il ne poserait pas le problème de retrouver la liste et l'attribution du matériel.

### **2.3.3. Analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine**

Les informations concernant le trajet des déplacements de bovins (pour la commercialisation et les transhumances) ont été bien complétées, les monographies devraient apporter les dernières précisions.

Une quantification de ces déplacements serait très intéressante mais cette évaluation est difficile à mener. Les données contenues dans les laissez-passer sanitaires permettraient d'obtenir une estimation quantitative des flux. La centralisation et le traitement statistique de ces documents ont été proposés.

La partie concernant la faune sauvage bénéficiera à l'avenir du volet faune sauvage du programme PACE. La densité de la faune devrait être évaluée finement, cependant le coût des opérations de comptages aériens ou terrestres risque de ralentir leur mise en œuvre.

La connaissance précise de la répartition des points d'eau pour l'abreuvement du cheptel bovin et de la faune sauvage permettrait de préciser plus finement les zones de contacts entre ces populations.

#### **2.3.4. Exploitation des résultats de vaccination et du réseau d'épidémiosurveillance**

La saisie des résultats d'analyse et d'enquête troupeau sur la base Labo2 a commencé durant la mise en place du SIG. La vitesse de saisie devrait augmenter avec l'expérience du technicien de laboratoire qui en est chargé et l'ensemble des résultats disponibles pourrait être rapidement mis en relation avec le SIG.

Tous les nouveaux résultats d'analyse (IBR, Fièvre de la vallée du Rift, BVD) parvenant au laboratoire devraient dorénavant être immédiatement saisis.

Les tables destinées à recevoir les résultats concernant la faune sauvage pouvaient être complétées dès réception des résultats des deux campagnes de sérosurveillance menées en 1999 et en 2000.

La mise en place d'un SIG répond à une série d'étapes suivant une démarche logique. La collecte du « pool » d'informations nécessaires au fonctionnement du SIG est une opération

qui demande beaucoup de temps et d'organisation mais pas forcément des technologies coûteuses. Les informations recueillies n'ont pas pu être exhaustives et devaient être complétées par la suite. Le travail de recensement a permis de montrer l'importance d'une gestion régulière des données et les tables créées faciliteront à l'avenir la saisie des informations. Bien que toutes les données n'aient pas été disponibles, de nombreuses fonctions du SIG étaient déjà opérationnelles.



### **3. UTILISATION DU SIG, PERSPECTIVES D'AVENIR ET LIMITES**

## **3.1. Utilisation du SIG**

### **3.1.1. Gestion du plan d'intervention d'urgence**

Un plan d'intervention d'urgence avait déjà été préparé dans le cadre du programme PARC. Ce plan, bâti sur la base des recommandations de la FAO (GEERING *et al.*, 1999), prévoyait plusieurs niveaux d'urgence en fonction de l'étendue de l'infection (plan local, régional, national) et s'intéressait principalement à la composante financière du PIU de sorte à faire ressortir un budget prévisionnel.

A son stade de développement, le SIG mis en place permet de localiser le matériel et de pratiquer des zonages.

#### **3.1.1.1. Localisation du matériel**

La localisation des moyens matériels peut se faire de différentes façons, chacune ayant son application pratique. Afin de clarifier la suite, nous allons adopter une démarche didactique basée sur un exemple de la consultation et de la mise à jour de matériel.

L'utilisateur ouvre le document correspondant aux différentes couches qui représentent le milieu (frontière, routes, secteurs et postes) puis ouvre les tables correspondant au thème qu'il désire consulter, par exemple les motos et se place sur la fenêtre carte (figure 19).

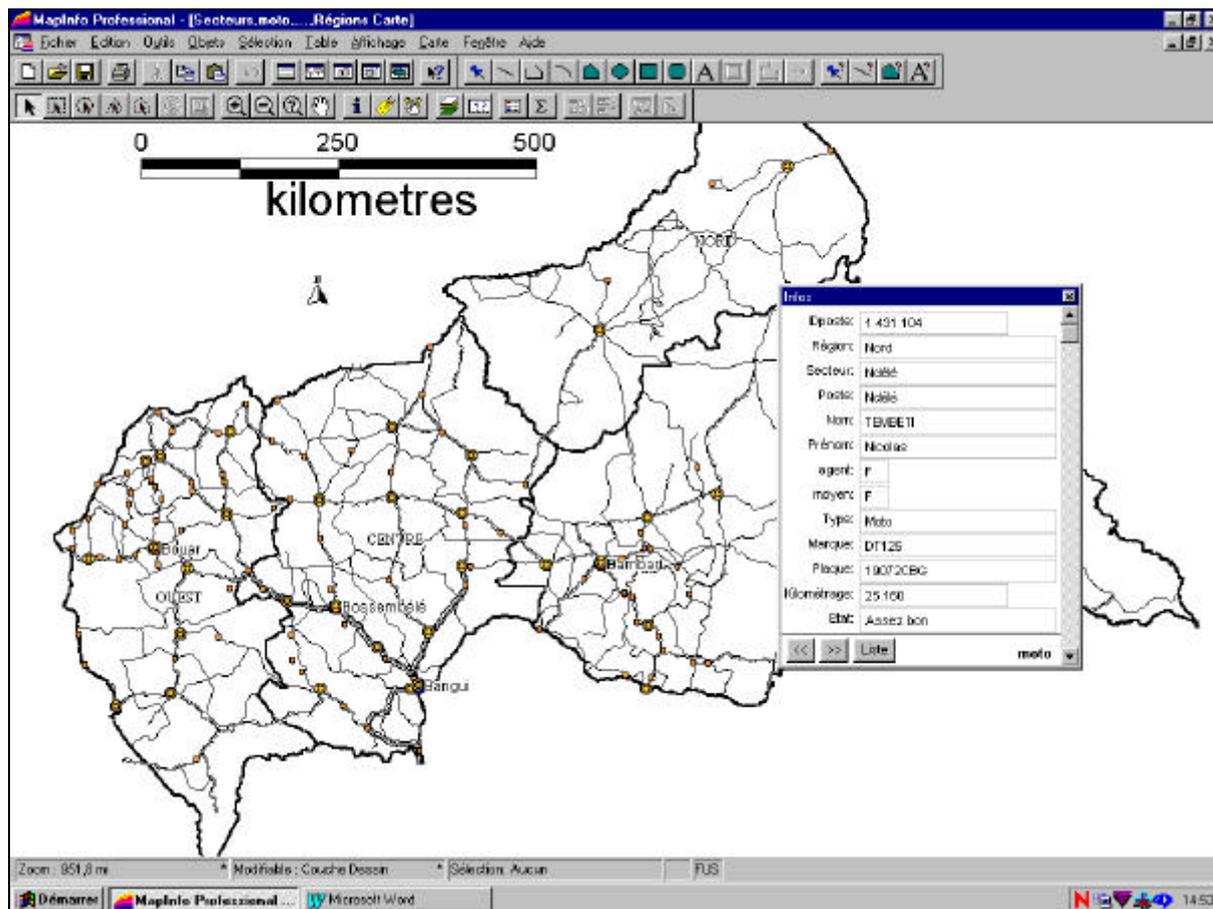


FIGURE 19 : EXEMPLE D'UTILISATION DE L'OUTIL « INFORMATION »

En cliquant avec l'outil « information » sur un point donné, l'utilisateur connaît la liste des éléments des différentes tables représentées à cet endroit puis il peut choisir un élément de la liste, visualiser ses attributs et les mettre à jour. En consultant ainsi de proche en proche l'utilisateur connaît le matériel disponible à un point précis, par exemple à proximité d'un lieu d'intervention.

Une fois que tous les attributs de tous les objets présents sont complétés, il est possible de les consulter simultanément ou de les représenter sous forme d'une carte thématique.

La consultation par carte thématique (figure 20) permet de connaître la répartition nationale ou régionale d'une ou plusieurs catégories de matériel, par exemple au moment de renouveler le matériel roulant, l'analyse thématique permet de plus de faire figurer visuellement des informations sur le matériel.

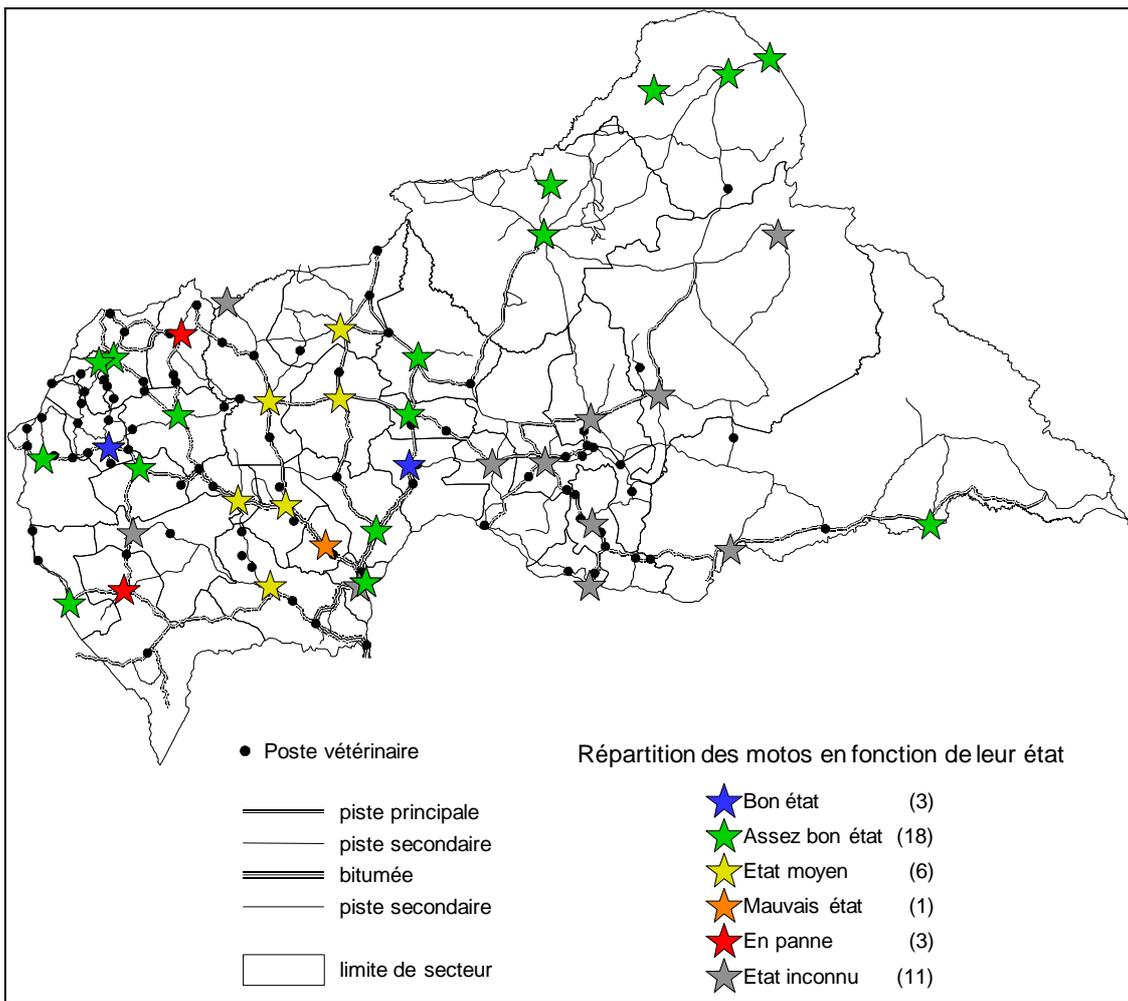


FIGURE 20 : RÉPARTITION DES MOTOCYCLETTES DU PARC ET ANALYSE DE LEUR ÉTAT DE FONCTIONNEMENT

Ce type de consultation est disponible pour tous les inventaires identifiés pour le PIU.

### 3.1.1.2. Zonage

Le zonage effectué à l'aide d'un SIG est un outil de décision et de gestion efficace à condition qu'il permette de situer (CAMERON, 1999) :

- Le village où la suspicion a été déclarée ainsi que tous les villages et campements qui sont compris dans le rayon de la zone tampon de vaccination ;

- ✍ La population totale d'animaux dans la zone pour prévoir suffisamment de vaccins ;
- ✍ Le personnel responsable de la vaccination dans les villages & campements ;
- ✍ Les barrières de contrôle sur les axes routiers et les axes de déplacement des animaux mis en place pour surveiller les mouvements d'animaux par rapport à la zone tampon. La localisation, le personnel et le matériel de ces points de contrôle doivent être établis.

Si l'on dispose de la monographie de la zone infectée (figure 21), celle ci est mise en fond de carte, sinon on utilisera le fond de carte IGN scannée.

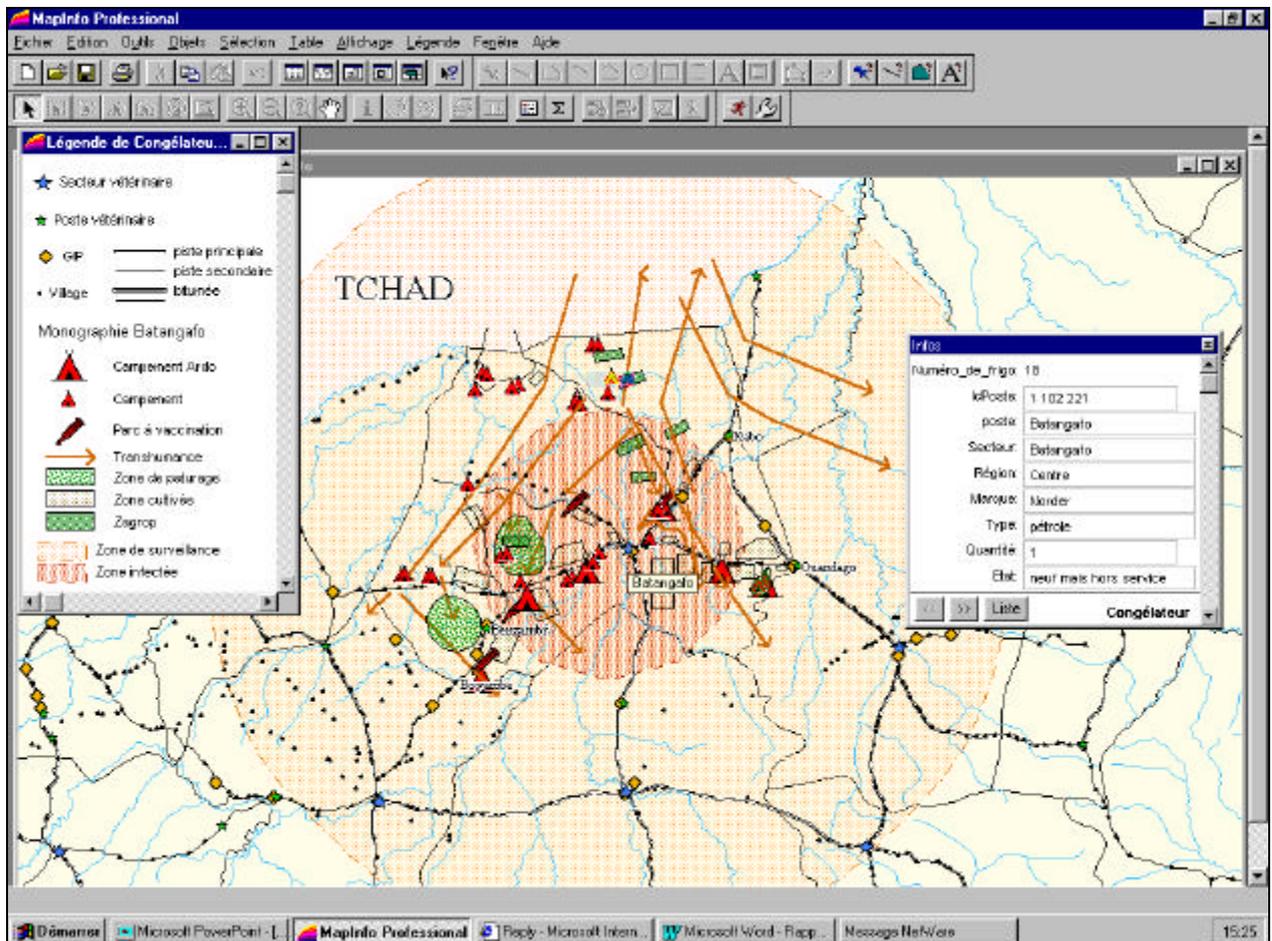


FIGURE 21 : ZONAGE À PARTIR DE LA MONOGRAPHIE DU SECTEUR BATANGAFO-KABO

Les zones sont créées en formant des tampons autour des foyers infectieux.

La première étape est de sélectionner le point ou la zone se rapportant à l'apparition de la maladie (village, puit, marché, abattoir, parc) puis il faut autoriser la création d'objets dans une des tables ouvertes (la table 'dessin' est employée communément par défaut) et enfin créer des tampons centrés sur le foyer sélectionné.

Le premier tampon d'un rayon de 10 km en zone d'élevage intensif ou de 50 km en zone d'élevage extensif définit le périmètre d'infection dans lequel sont appliquées les mesures conformément au plan d'intervention d'urgence (limitation des mouvements, abattage des animaux ou vaccination, investigation des autres troupeaux...).

Le second tampon est dit 'tampon en anneau' car il s'agit d'une couronne dont le rayon intérieur est égal au rayon du périmètre d'infection et le rayon extérieur est égal au périmètre désiré de la zone de surveillance. Ceci permet de ne pas inclure le périmètre d'infection dans la zone de surveillance et donc de ne pas se méprendre sur les ressources mobilisables.

Le contour de la zone de surveillance peut être modifié. En effet, il n'est pas souhaitable de choisir une zone de surveillance qui ne corresponde pas à des objectifs réalisables.

Pour choisir au mieux le contour de la zone de surveillance il est possible de considérer des obstacles naturels à la diffusion de la maladie ou au contraire des zones (comme un parc) où il vaut mieux considérer que le risque est uniforme compte tenu du déplacement incontrôlable des animaux. Une façon de ne pas passer à côté de tels éléments est de procéder à la sélection de tout ce qui est à l'intérieur ou partiellement à l'intérieur de la zone de surveillance précédemment calculée et de faire apparaître les éléments sélectionnés d'une couleur différente. La visualisation de ces éléments sur la fenêtre du SIG conduit à délimiter une zone de surveillance qui n'est pas nécessairement circulaire.

La délimitation des zones étant faite, l'organisation des opérations auxquelles elles sont sujettes peut avoir lieu.

### 3.1.1.3. Travail à partir du zonage

Le travail effectué sur la base du zonage comprend de nombreux aspects. La démarche globale se rapproche de celle utilisée par un militaire pour dresser un plan de bataille. Les

éléments figurant sur le zonage permettent d'orchestrer les différentes opérations menées sur le terrain pour contrôler ou investiguer la maladie en tenant compte des disponibilités matérielles, humaines et des obstacles présents.

Avec des informations suffisamment précises, il est possible d'évaluer l'ensemble des ressources nécessaires à couvrir la zone et en déduire les moyens supplémentaires à engager. Une analyse de distance permet d'identifier les sources de renforts les plus accessibles et d'organiser leur envoi de façon rationnelle. L'élaboration d'un plan de progression des équipes est ainsi gérée de façon centrale ce qui permet d'éviter la confusion ou la panique auxquelles les équipes de terrain peuvent être confrontées si elles n'ont pas d'objectifs précis à remplir. Le plan d'action imprimé est accompagné des instructions relatives aux tâches à effectuer qui ne dépendent pas de l'utilisation d'un SIG mais relèvent de la préparation du plan d'intervention d'urgence.

Un calendrier de travail (CAMERON, 1999) peut également être établi pour estimer le temps requis pour vacciner l'ensemble des troupeaux présents dans la zone. L'utilisation des données sur l'état des routes et les vitesses que l'on peut y pratiquer permet une prévision des temps de parcours.

Si l'impression des plans d'action est impossible au moment de l'intervention, les équipes de terrain seront munies de cartes au 1 : 200 000, la sélection des cartes à emporter peut être faite grâce à une table (Carte 200000) qui représente la couverture géographique de ces différentes cartes. Une analyse de recouvrement permet de connaître les cartes chevauchant la zone infectée (figure 22).

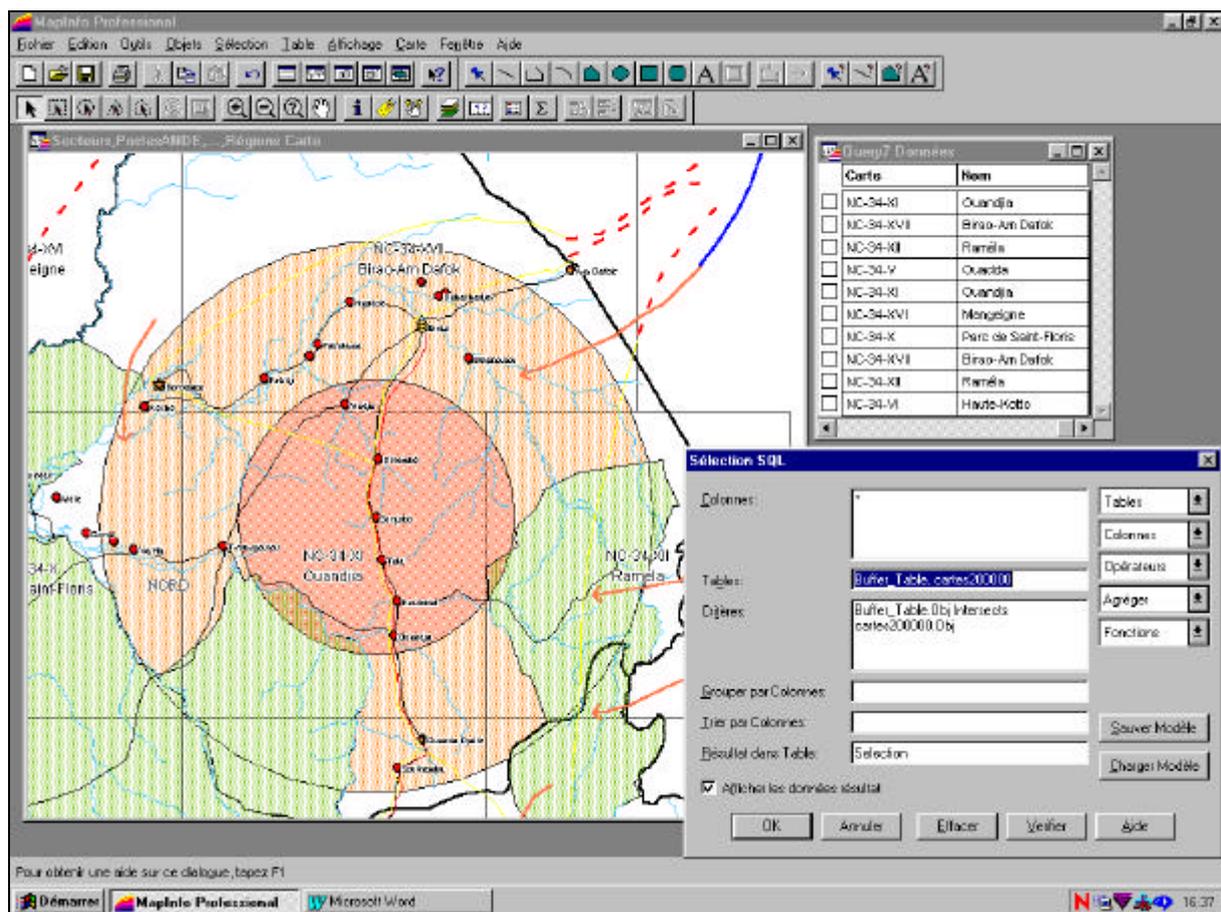


FIGURE 22 : REQUÊTE SUR UNE ZONE TAMPON POUR CONNAÎTRE LES CARTES 1 : 200 000 CORRESPONDANTES

Cette opération permet de gagner considérablement du temps étant donné le manque de maniabilité de cartes au format A0.

### **3.1.2. Analyse du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine**

#### **3.1.2.1. Cas du cheptel bovin**

Le SIG est utilisable pour localiser les déplacements et les lieux de concentration de bovins.

On peut distinguer les bovins de commercialisation et les bovins de transhumance.

## Animaux de commercialisation

Peu de données changent par rapport au rapport de Pascal Hendriks. Les données que j'ai pu récolter par enquêtes sont venues corroborer ses propres observations et l'étendue de mes investigations n'a pas pu, faute de déplacements, être aussi large.

Les seuls renseignements qui viennent compléter son étude de manière significative concernent les déplacements commerciaux en provenance du Sud-Est (figure 23) qui ont été précisés ainsi que l'inventaire des marchés et des abattoirs.

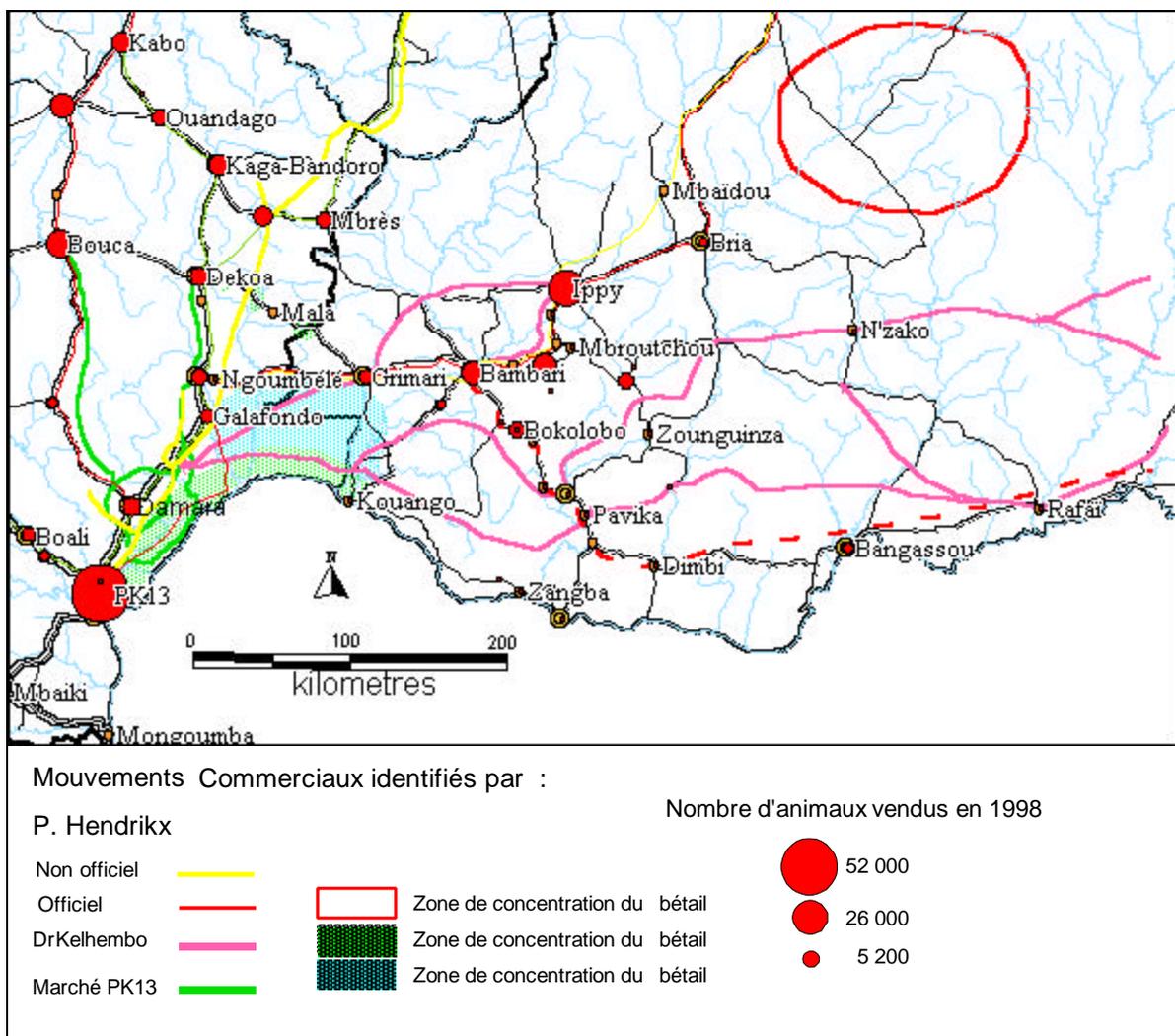


FIGURE 23 : MOUVEMENTS COMMERCIAUX À L'EST DU PAYS

L'analyse de ces mouvements met en relief l'importance d'étendre le cordon sanitaire jusqu'au sud du pays de sorte que les animaux en provenance du Soudan, qui transitent souvent de manière illégale le long des cours d'eau, aient plus de chance d'être interceptés.

Un fait intéressant qui illustre bien les capacités d'analyse des SIG vient de la comparaison entre les abattages et les ventes de bovins. L'idée est de comparer les ventes et les abattages par sous-préfectures, on calcule simplement un indice et l'on fait une analyse thématique pour visualiser les résultats par classes (figure 24).

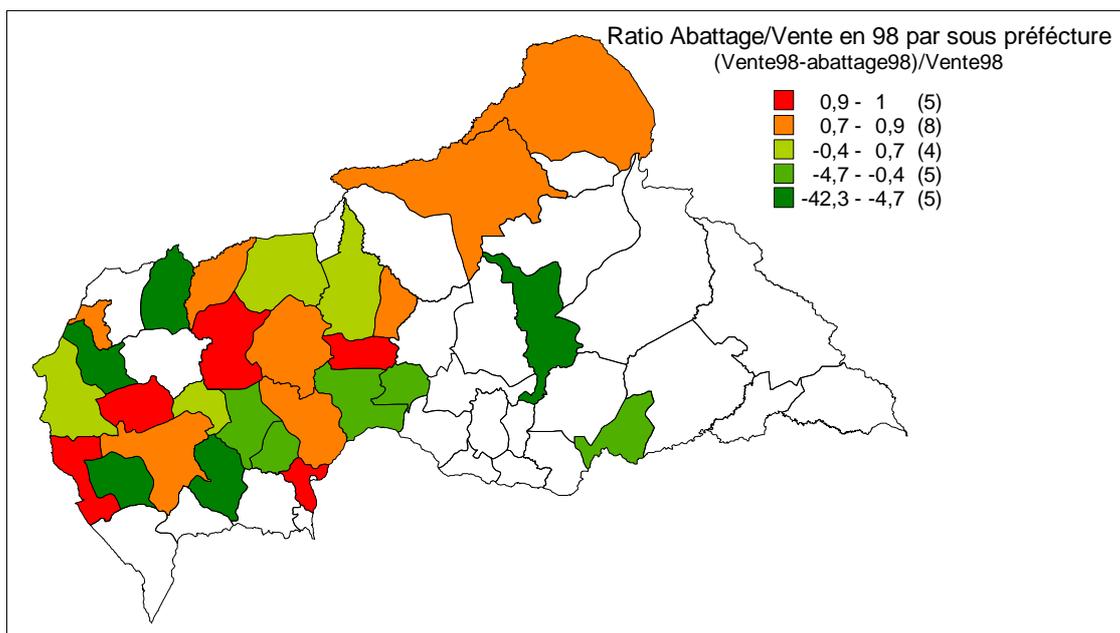


FIGURE 24 : COMPARAISON DES VENTES ET DES ABATTAGES PAR SOUS-PRÉFECTURE EN 1998

La carte ne tient pas compte des sous-préfectures pour lesquelles une des deux valeurs manque. Il est surprenant de constater que les abattages déclarés sont supérieurs aux ventes déclarées, le même phénomène s'observe pour les années précédentes. Les hypothèses explicatives sont soit le déplacement important des animaux entre la vente et l'abattage mais le volume d'abattage reste supérieur à celui des ventes et certaines zones d'abattage ne correspondent pas à des centres de consommation, soit la mauvaise tenue des registres de ventes, soit la mise en évidence d'un marché clandestin massif dont les animaux seraient officialisés au moment de l'abattage. La discussion de ces hypothèses ne relève pas du

domaine de cette thèse, mais sa mise en évidence illustre l'apport d'un SIG dans les réflexions portant sur les flux d'animaux.

### **Animaux de transhumance**

Comme nous l'avons vu précédemment les mouvements de transhumance ne peuvent être complétés par rapport à la mission de Pascal Hendrikx qu'en présence des monographies et des chefs de postes.

Les mouvements d'installation et de transhumance vers l'est du pays où se trouvent des salines intéressantes pour le bétail n'ont pas pu être précisés d'avantage. Ces mouvements posent de nombreux problèmes :

- ✍✍ Conflits avec les Services des eaux et forêts car ces terrains sont classés en zone protégée ;
- ✍✍ Contrainte sanitaire majeure en raison de la répartition des glossines ;
- ✍✍ Conflits armés entre les populations et accroissement de l'insécurité dans la zone.

#### 3.1.2.2. Cas de la faune sauvage

La répartition exacte de la faune n'est pas disponible, cependant on peut dresser une carte montrant les incursions de bétail dans les zones protégées et les zones de chasse à partir des tracés précédents.

Les aspects faune sauvage sont cependant surtout intéressants pour le rôle de sentinelles que jouent ces animaux à l'égard de la peste bovine.



On constate une progression dans la région Nord et aux alentours de Bangui et une régression dans l'Est du pays alors qu'il s'agit d'une région à haut risque de réintroduction.

Ces données doivent être mises en relation avec les modifications des campagnes de vaccination qui peuvent être les efforts de sensibilisation, le choix des parcs à vaccin, le prix de la vaccination et l'insécurité régnant dans les zones considérées.

L'expression des pourcentages de vaccination par secteur ne peut se faire à partir des effectifs estimés en 1990 qu'à condition d'admettre deux hypothèses :

- ✍✍ La répartition du cheptel est uniforme dans une préfecture et le calcul de la densité permet d'approcher les effectifs par secteur ;
- ✍✍ Le taux de croissance annuel du cheptel est également uniforme et est égal à 1.8 %.

Le fait de ne pas exprimer les pourcentages de vaccination ne pose pas un réel problème car le taux d'immunisation est beaucoup plus intéressant à connaître.

### 3.1.3.2. Sérosurveillance

Les activités de surveillance sérologique sont couplées à la sérosurveillance des autres maladies comme l'IBR ou la Fièvre de la vallée du Rift puisque ce sont les mêmes prélèvements qui servent à l'ensemble des maladies.

Le SIG est un puissant outil de surveillance épidémiologique puisqu'il permet de relier la répartition des maladies aux autres phénomènes géographiques qui l'entourent (SHARMA, 1999 (2)).

En utilisant les résultats disponibles pour 1999, à savoir les régions Nord et Centre, une façon de tenir compte de la stratification de l'échantillonnage est de représenter en plus des résultats globaux, les résultats par âge sous forme de barres (figure 26).

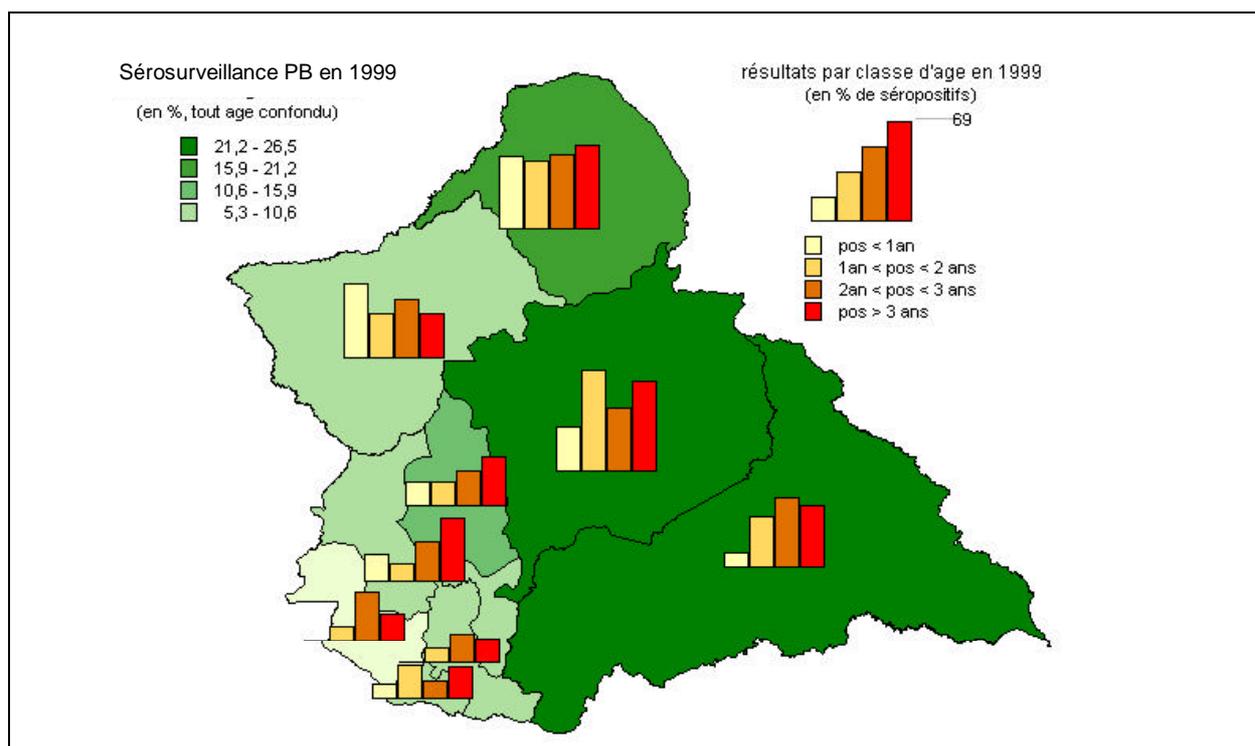


FIGURE 26 : DONNÉES DE LA SÉROSURVEILLANCE PESTE BOVINE PAR CLASSE D'AGE ET PAR SECTEUR VÉTÉRINAIRE EN 1999 (RÉGIONS NORD ET EST)

On constate que dans la région Est, la part de la vaccination des jeunes est faible ce qui vient corroborer la constatation faite au sujet de l'évolution des effectifs vaccinés, les meilleurs résultats de la région Nord pourraient être attribuables à une répartition plus stratégique des postes vétérinaires et à une sensibilisation accrue des chefs de postes de cette région. D'autre part, les résultats les meilleurs atteignent 26 % d'immunisation ce qui est loin des 90 % de l'objectif fixé.

Des problèmes d'inactivation du vaccin par la chaleur ont pu survenir. Pour explorer cette hypothèse il aurait fallu tester si le pourcentage d'animaux marqués dont le résultat de sérologie est négatif est significativement différent de zéro. Les valeurs nécessaires au calcul n'étaient pas disponibles.

La sérosurveillance est logiquement complétée par les activités du réseau d'épidémiologie.

### 3.1.3.3. Réseau d'épidémiosurveillance

La localisation des agents du réseau d'épidémiosurveillance peut-être mise en relation avec l'ensemble des thèmes précédents. On dégage ainsi par facteur de risque et par point de gestion de risque l'adéquation entre la surveillance et les faits réels.

En revanche, les activités du réseau d'épidémiosurveillance ne sont pas facilement quantifiables, on peut supposer que le nombre d'éleveurs (figure 27) ou de bovins visités est indicateur d'activité des agents ainsi que les activités de visite et de vaccination des ADR mais cela reste à vérifier.

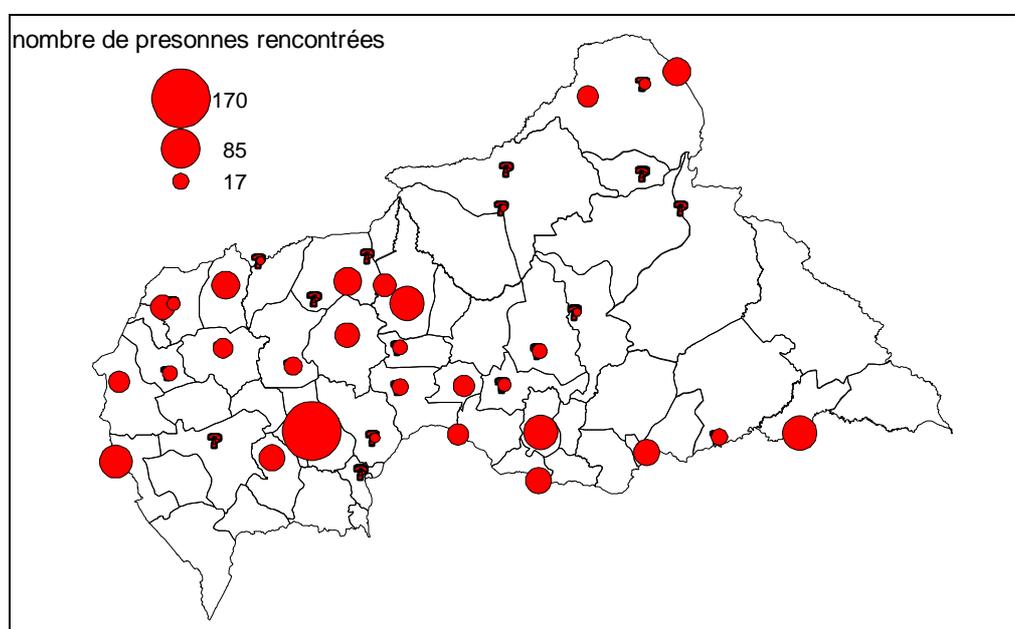


FIGURE 27 : NOMBRE DE PERSONNES RENCONTRÉES PAR LES AGENTS DU RÉSEAU

Le nombre de personnes rencontrées permet d'identifier une différence de fonctionnement entre les postes du réseau mais ne préjuge en rien de la qualité de leurs réunions ni de la validité des informations rapportées, en effet certains rapports sont rigoureusement identiques d'un mois sur l'autre.

Le meilleur indicateur de fonctionnement d'un réseau est le nombre de suspicions, mais depuis l'existence du SISAC, une seule suspicion de peste bovine a été relevée, montrant du moins que le réseau avait pu fonctionner.

Des suspicions de trypanosomose, de babésiose et de fièvre aphteuse sont signalées par les agents mais il n'y a pas de résultats d'analyses associés.

Comme nous l'avons dit, les résultats pour la faune sauvage ne sont pas disponibles.

Le retour des rapports mensuels est aussi révélateur de l'activité des agents mais risque d'être injuste si l'on ne tient pas compte de l'enclavement de certains postes ou du fait que les rapports peuvent rester bloqués plus d'un mois dans les directions régionales avant d'être transmis à Bangui.

L'évaluation des activités du réseau sur le SIG fait donc partie des points qui devront être reconsidérés par la suite.

Le SIG est également un excellent outil de communication, point capital du fonctionnement d'un réseau d'épidémiosurveillance.

La réalisation des monographies doit constituer un prétexte de communication entre éleveurs et chefs de poste. Une fois digitalisées à Bangui, celles-ci seront renvoyées imprimées aux chefs de postes et de secteurs. Elles seront pour eux un outil de travail et de communication et ils pourront les compléter et les renvoyer à Bangui pour correction (il vaut mieux prévoir plusieurs monographies par chef de poste).

Enfin l'utilisation du SIG en tant qu'outil de communication sera certainement appréciée des lecteurs du bulletin d'information du SISAC dans lequel des cartes thématiques pourront être éditées très simplement.

Les exemples donnés illustrent les possibilités déjà offertes par le SIG, de nombreuses autres fonctions peuvent être mises au point.

## **3.2. Perspectives d'avenir**

Les perspectives d'avenir évoquées ici sont le fruit de réflexions personnelles ou de suggestions extérieures. Avec le temps, d'autres fonctions apparaîtront sûrement aux utilisateurs qui enrichiront les connaissances sur l'utilisation des SIG en épidémiologie et pourront faire part de leurs découvertes.

### **3.2.1. Gestion du plan d'intervention d'urgence**

#### **3.2.1.1. Gestion du PIU en temps réel**

Avec l'acquisition de GPS et de moyens de communication performants, le plan d'intervention d'urgence peut être géré en temps réel. Les équipes peuvent envoyer leurs coordonnées géographiques à l'équipe de gestion centrale en leur précisant l'avancée de leurs travaux et les phénomènes observés. Au niveau central il serait ainsi possible de mettre à jour le zonage, de suivre la progression des équipes et d'en modifier l'ordre d'intervention en cas d'échappement de la maladie aux procédures de contrôle. Le déploiement de ressources supplémentaires serait ainsi accéléré.

#### **3.2.1.2. Prévision du budget du PIU**

Une autre application possible du SIG est, comme me l'a suggéré Antoine Maillard, la prévision budgétaire du PIU. Pour cela il faudrait construire des coefficients économiques sur le prix des déplacements, des vaccins et de l'ensemble du matériel, du personnel et des éventuels dédommagements. Lors de la préparation du PIU, il est possible de quantifier par l'intermédiaire du SIG les ressources nécessaires et de les multiplier par les coefficients calculés. On obtient ainsi un budget prévisionnel correspondant à un groupe d'actions coordonnées. Il est alors possible de le comparer à d'autres types d'actions (par exemple : abattage *versus* vaccination). Le SIG devient alors un véritable outil d'aide à la décision cependant cette application nécessite de mettre au point et de valider les modèles économiques ce que le SIG ne peut pas faire automatiquement.

### **3.2.2. Organisation des actions de sensibilisation et de lutte**

Lors de l'organisation des campagnes de vaccination, des efforts de sensibilisation sont menés à travers le pays et des parcs à vaccination sont installés.

Le SIG permet le rapprochement des facteurs de réussite et d'échec des campagnes avec les facteurs de présence des éleveurs (campements, trajets de transhumance et de convoyage, points d'eau, pâtures, FelGIP). La répartition des efforts de sensibilisation et d'installation des parcs devient alors plus stratégique.

La connaissance de la répartition des autres maladies pestiformes (PPCB, maladie des muqueuses...) permet d'augmenter l'activité globale du réseau et la recherche de la peste bovine. Une autre conséquence est que les programmes de lutte mis en place avec le PACE pourront d'emblée tenir compte des facteurs géographiques et permettre des recherches de corrélations entre la distribution des maladies et celle des facteurs de risque.

La modélisation économique des campagnes de lutte (étude de type coût/bénéfice) doit prendre en compte l'importance économique de la maladie (tous aspects confondus), son extension géographique, sa ressemblance avec la peste bovine et les moyens à mettre en œuvre pour la combattre. Cette modélisation bénéficiera de l'apport du SIG dès que les critères auront été définis (HARRISON *et al.*, 1999). Une fois encore le SIG joue un rôle d'aide à la décision.

### **3.2.3. Fonctionnement du réseau**

#### **3.2.3.1. Définition de zones à risque**

L'analyse des déplacements de bovins et celle des résultats de vaccination, l'analyse des aires non surveillées par les agents conduisent à définir des zones à risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine de manière intuitive. L'élaboration de critères géo-épidémiologiques prenant en compte de manière quantitative ces différents éléments doit permettre de comparer ces zones et de préciser un seuil à partir duquel le risque est tel que des mesures de contrôles doivent être prises.

Les mesures de contrôle peuvent être la création de postes du réseau d'épidémiosurveillance, par exemple autour du centroïde de la zone à risque.

#### 3.2.3.2. Cordon sanitaire

La délimitation du nouveau cordon sanitaire est connue à grande échelle mais le tracé exact du cordon n'est pas encore arrêté. Le SIG permet en se plaçant à grande échelle de comparer le tracé proposé avec les aires d'actions des postes de surveillance et le trajet des animaux et de repérer les cours d'eau, les villages et les routes qui constituent la meilleure délimitation du cordon.

#### 3.2.3.3. Communication

Les échanges de données SIG portant sur l'épidémiosurveillance entre pays d'une même région sera possible par Internet si les SIG se développent au niveau régional. L'approche épidémiologique, notamment l'harmonisation des efforts de lutte, serait ainsi facilitée au niveau régional et même au niveau du continent.

#### 3.2.3.4. Évaluation du réseau

L'évaluation du réseau et l'expression des indicateurs d'activité peuvent être réalisées en prenant en compte certains des « points critiques » du fonctionnement d'un réseau d'épidémiosurveillance définis par Barabara Dufour (DUFOUR, 1997) :

- ☞ Objectifs ;
- ☞ Échantillonnage ;
- ☞ Sensibilisation des acteurs ;
- ☞ Outils utilisés (les prélèvements et analyses de laboratoire) ;
- ☞ Recueil et circulation de l'information ;
- ☞ Facteurs d'environnement (animaux sauvages ...) ;
- ☞ Traitement et interprétation des données ;
- ☞ Diffusion de l'information.

L'élaboration de critères d'évaluation et d'indicateurs de fonctionnement du réseau n'est cependant pas aisée, ceux-ci devant être testés avant de servir d'argument pour une prise de décision.

### **3.3. Limites du SIG**

Comme tout outil, le SIG a ses limites. Celles qui concernent les applications non réalistes et les limites techniques, plus contextuelles.

#### **3.3.1. Limites des applications possibles**

##### **3.3.1.1. Absence d'analyse en réseau**

L'absence d'analyse en réseau empêche de faire des modèles dynamiques sur la diffusion de la maladie à partir de son introduction ou le long d'un trajet de bovins. De même on ne peut pas calculer des itinéraires entre des points éloignés et reliés par plusieurs nœuds. Les analyses permises restent statiques mais il existe des extensions payantes du logiciel qui permettent des analyses dynamiques.

Si des modèles prédictifs sont mis en place comme cela a été le cas lors de l'épidémie de fièvre aphteuse en Grande Bretagne il faut rester prudent par rapport à leur crédibilité. En effet, les variables participant aux modèles ne reflètent qu'une partie de la réalité et la véracité de leurs valeurs doit être confrontée aux ressources déployées pour les mesurer.

##### **3.3.1.2. Facilité des erreurs d'interprétation**

Lorsqu'on considère les analyses thématiques avec un regard critique on se rend compte que celles ci sont peu paramétrables par l'utilisateur. On ne dispose que de trois types de régressions : linéaire, carré et logarithmique.

De plus le logiciel n'expose pas sa méthode de calcul et l'on est en droit de se demander si ce que l'on observe reflète bien la réalité. Il n'y a aucun garde fou par rapport aux

interprétations possibles de figures erronées et l'œil peut facilement se laisser tromper par une présentation avantageuse (figure 28).

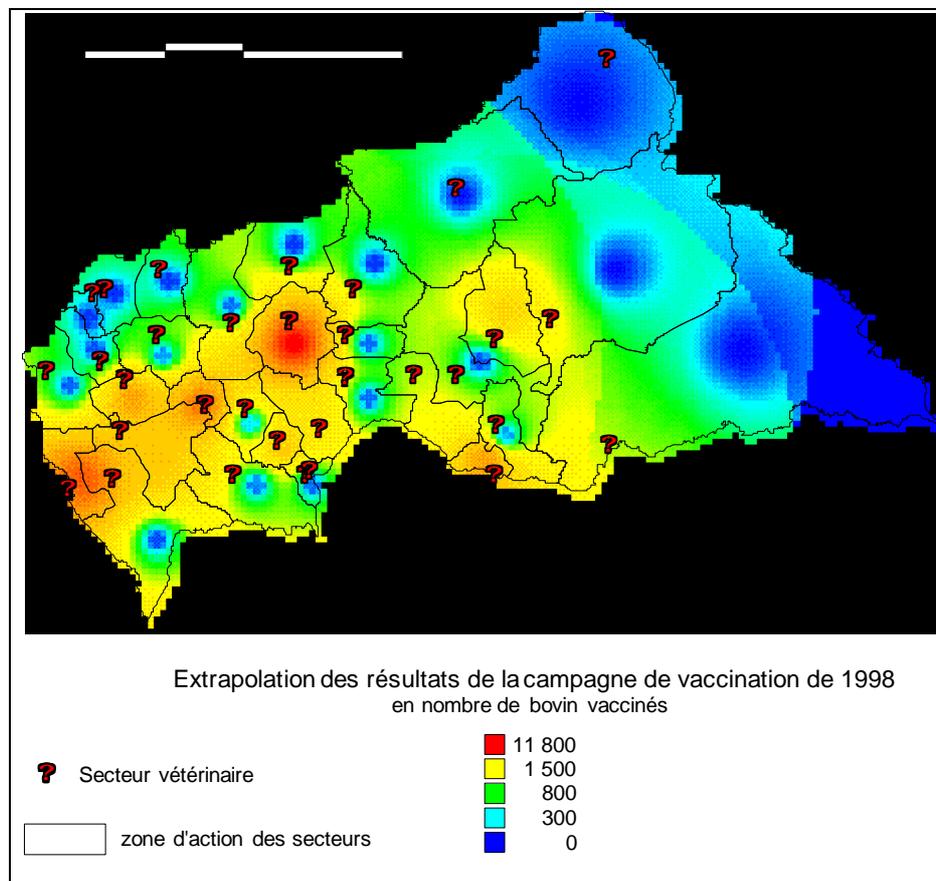


FIGURE 28 : EXTRAPOLATION DES EFFECTIFS VACCINÉS EN 1998

Cette carte est censée représenter la répartition des effectifs de bovins vaccinés mais n'explique pas comment l'extrapolation à partir des bovins vaccinés par secteur est faite. La carte semble indiquer que les régions frontalières avec le Soudan à l'est et avec le Tchad au nord ne sont pas vaccinées. En fait le logiciel crée des gradients de vaccination entre secteurs adjacents en répartissant la somme des vaccinations dans la superficie de chaque secteur, par conséquent plus un secteur est grand plus il y a de 'dilution' du nombre de bovins vaccinés. Lorsque l'on cherche à représenter les résultats de vaccinations par secteur, ceux-ci doivent être considérés comme des points et non comme des surfaces. Cette extrapolation qui peut sembler attractive d'un point de vue visuelle est donc impropre à représenter le phénomène étudié et conduirait à de fausses conclusions.

La présentation cartographique peut être extrêmement trompeuse, de façon délibérée ou non et elle doit répondre aux mêmes exigences de clarté et de précisions que les autres supports de communications scientifiques.

### 3.3.1.3. Constructions d'indicateurs

Nous avons évoqué à plusieurs reprises la possibilité de construire un certain nombre d'indicateurs géo-épidémiologiques adaptés à la situation centrafricaine. Il est évident que la construction de tels indicateurs doit être discutée avec des spécialistes. Le développement de l'outil Internet permet de partager des idées sur des forums de discussion ce qui facilite la mise au point de ces critères.

Le SIG mis en place n'est pas un outil de modélisation. Des utilisations prospectives sont réalisables moyennant un coût supplémentaire mais on ne peut pas construire de modèle de diffusion. La plus grande prudence doit être observée lorsqu'on cherche à extrapoler des résultats. Son champ d'utilisation en fait un outil de surveillance et non pas de recherche.

### **3.3.2. Limites techniques**

#### 3.3.2.1. Absence de données

L'absence de données peut conduire à des erreurs d'interprétation ou à des « bugs » logiciels.

Lorsque des données chiffrées ne sont pas disponibles (par exemple, absence de prélèvement à un endroit où ils étaient prévus) les calculs peuvent être bloqués et l'on obtient des messages d'erreurs (par exemple « impossible de diviser par zéro » lorsque l'on calcul un pourcentage). Il n'est pas toujours possible d'avoir tous les renseignements mais on peut sélectionner ceux pour lesquels les champs ont une valeur définie. Il faut donc se donner les moyens de distinguer un champ non complété d'un champ dont la valeur est nulle.

### 3.3.2.2. Précision et validité des données

L'absence de GPS est une limite sur la précision des données même si, comme nous l'avons vu, il est possible de trouver d'autres sources d'informations. Bien sûr, si l'on désire travailler à plus grande échelle (village, concession) la précision des données doit augmenter et l'utilisation du GPS devient incontournable.

L'exactitude des données dépend aussi de leurs sources et dont l'hétérogénéité est un facteur d'imprécision, particulièrement en ce qui concerne la localisation des villages. Le traitement informatique du dernier recensement fournira les coordonnées GPS de tous les villages et campements recensés. Ces données doivent être mises en SIG mais malheureusement sous un autre logiciel et cela invite à reconsidérer le problème des formats de données non compatibles.

Les résultats des activités de lutte et de surveillance doivent également être contrôlés. Lors de la mise en place du SIG, des aberrations sont apparues dans certains rapports et il a fallu reprendre les résultats bruts pour recalculer les vraies valeurs. Il existe aussi le risque que certains résultats soient délibérément diminués par des agents peu scrupuleux afin de détourner des recettes.

### 3.3.2.3. Limites de compatibilité de format

Le Bureau central des statistiques et d'autres institutions centrafricaines s'apprêtaient à mettre en place des SIG mais souvent sous des formats différents et parfois incompatibles. La mise en commun de tous les systèmes serait profitable à tous et l'uniformisation des standards en matière de SIG permettrait de diminuer le travail de chacun plutôt que de reprendre le travail de base à chaque mise en place.

L'impossibilité de se relier directement à la base Access 2000? peut poser problème (principalement une perte de temps considérable) à moins d'équiper le SIG de la version Mapinfo 6.0? ce qui implique un achat supplémentaire.

### 3.3.2.4. Contraintes matérielles et financières

Les contraintes financières des SIG ne sont pas très lourdes mis à part le prix du logiciel (environ 2 000 €). La plupart des services vétérinaires sont déjà munis d'ordinateurs multimédias (environ 1 000 à 2 000 € suivant l'équipement) qui est du matériel bien amorti. L'achat de GPS (environ 100 à 500 €) reste facultatif bien que fortement recommandé.

De nombreux fonds de cartes sont disponibles sur Internet et l'acquisition d'une carte scannée ne pose pas de problème.

Au total la mise en place d'un SIG (hors coût personnel) ne devrait pas excéder 4 000 € dans l'hypothèse où tout doit être acheté et peut tomber à 2 000 € dans le cas du simple achat de logiciel (la collaboration entre l'ICRA et l'ANDE a permis d'éviter l'achat du logiciel).

Le temps nécessaire pour compléter et entretenir le SIG est estimé en comptant la saisie des données et leur manipulation. Sur la base de ce qui a été fait, on peut compter 3 tables de 100 objets avec une dizaine de champs en deux heures, il reste environ 25 % des données à compléter pour 50 tables soit environ 100 h pour un utilisateur peu expérimenté.

Le temps d'entretien de la table ne doit pas excéder les 8 heures par mois. Ce temps est rattrapé sur celui de la réalisation de cartes à la main ou sur des logiciels de dessin assisté par ordinateur, la gestion simplifiée des données et les nouveaux horizons qui s'ouvrent à l'utilisateur si bien que l'investissement principal en matière de SIG reste la volonté de l'utilisateur à mettre à jour son système.

Les applications présentées du SIG correspondent bien aux objectifs. Lorsque les bases seront complètes, d'autres applications pourront être envisagées, mais il vaut mieux pour l'instant finir d'achever la base de données et apprendre à s'en servir complètement. Ultérieurement, des analyses plus complexes pourront avoir lieu tout en gardant à l'esprit que tout n'est pas possible et qu'il faut savoir rester critique vis à vis du support visuel.

## CONCLUSION

La République de Centrafrique (RCA) est un pays où l'élevage, bien que récent, est déjà bien développé et est amené à l'être de plus en plus. Devant la menace que constitue pour l'élevage une éventuelle réintroduction de peste bovine depuis un foyer avoisinant, il faut équiper les services vétérinaires d'outils de surveillance efficaces. L'analyse de risque «peste bovine» menée récemment en RCA a jugé qu'un système d'information géographique (SIG) constituerait un outil de gestion du risque adapté.

L'application des SIG en épidémiologie animale est encore récente mais les possibilités offertes par cette technologie semblent très prometteuses. La mise en place d'un SIG a donc été lancée, avec des moyens modestes et dans un délai assez court cependant le travail accompli (même s'il doit être complété) permettait déjà de nombreuses applications. La gestion d'un plan d'intervention d'urgence est possible depuis le zonage du champ d'intervention jusqu'à l'inventaire des moyens disponibles. L'interprétation et la représentation des activités du réseau d'épidémiosurveillance peuvent se faire sous une forme plus conviviale et enfin, l'analyse spatiale offre de nouvelles perspectives. L'analyse de réintroduction et de diffusion de la maladie n'a pas semblé modélisable de façon simple mais certains éléments de réflexion peuvent être représentés.

Les champs d'utilisation du SIG mis en place pour l'analyse du risque peste bovine pourront être élargis facilement pour prendre en compte les activités du PACE.

L'attribution d'un SIG pour le réseau d'épidémiosurveillance en Centrafrique constitue donc un atout pour l'avenir et nous espérons que cet exemple incitera d'autres pays à suivre cette démarche.



## **BIBLIOGRAPHIE**

ACCESS 2000. (1999). Microsoft corporation

ACCESS 97 (1998). Microsoft corporation

BARRETT T. (1996) Morbilliviruses into the twenty first century, *In : The world without rinderpest, Report of the FAO technical consultation on the Global Rinderpest Eradication Programme*. Rome : FAO, 25-35.

BARRET T, FORSYTH MA, INUI K, WAMWAYI HM, KOCK R, WAMBUA J. *et al.* (1998) Rediscovery of the second African lineage of rinderpest virus : its epidemiological significance. *Vet. Rec.*, **142**, 669-671.

BALDOCK C, FORMAN T, GEERING WA, TAYLOR B. (1999) *New Technologies in the fight against Transboundary Animal Diseases*. Rome : FAO-EMPRES, 24-33.

BERNARD C, FREYCON V, GAZULL L, LO SEEN D, TRÉBUCHON JF. (1997) *Le géoréférencement...ou comment maîtriser l'intégration de données multisources dans un SIG*. Montpellier : CIRAD-Forêt, 50p.

CAMERON AR (1999) Using GIS as a Decision Support Tool : a Simple Outbreak Response Management System. *In : SHARMA P, BALDOCK C, editors. Understanding animal health in southeast Asia*, Canberra : ACIAR, 183-194.

CORELDRAW 5.0 (1995). Corel corporation

DABAS C. (1995) *Rôle de la faune sauvage dans l'épidémiologie des maladies contagieuses, étude bibliographique à partir de quelques exemples*. Thèse Méd. Vét. Toulouse, 120p.

DECOUDRAS PM. (1984) Agriculture. *In VENNETIER P, editor : Atlas de la république centrafricaine*, Paris : Les éditions jeune Afrique, 35-41.

DENÈGRE J, SALGÉ F. (1996) *Les systèmes d'information géographique*. Paris : PUF, 5-7.

Digital Chart of the World. Site de *Digital Chart of the World*, Mise à jour le [http://www.maproom.psu.edu/dcw], (consulté le 20 Octobre 1999).

DUFOUR B. (1997) *Contribution à l'évaluation du fonctionnement des réseaux de surveillance épidémiologique des maladies infectieuses animales*. Thèse Doc. Univ., Paris XII, Créteil, 229p.

EXCEL 97 (1998). Microsoft corporation

FAIZ S, ABBASSI K, BOURSIER P. (1998) Applying data mining techniques to generate quality information from geographical database. *In* : GOODCHILD M, JEANSOULIN R, editors. *Data quality in geographic information*, Paris : Hermes, 43-54.

FRANCK A. (1998) Metamodels for Data Quality Description. *In* : GOODCHILD M, JEANSOULIN R, editors. *Data quality in geographic information*, Paris : Hermes, 15-30.

GEERING WA, ROEDER TL, OBI TU. (1999) *Manual on the preparation of national animal disease emergency preparedness plans*, Rome : FAO-EMPRES 1999, 65p.

GOUNEL C. (2000) Composante 1-Observatoire du développement *In* : *Le Système d'Information sur le Secteur Agricole de la zone des savanes d'Afrique Centrale.*, Bangui, PRASAC-ICRA-CIRAD, 4-5.

HARRISON SR, SHARMA P. (1999) Interfacing GIS with economic models for managing livestock health. *In* : SHARMA P, BALDOCK C, editors. *Understanding animal health in southeast Asia*, Canberra : ACIAR, 223-238.

HARVEY F. (1998) Quality needs more than standards. *In* GOODCHILD M, JEANSOULIN R, editors. *Data quality in geographic information*, Paris : Hermes, 37-42.

HENDRIKX P. (1999) *Analyse du risque « peste bovine » en république centrafricaine*. Rapport de mission, Montpellier : CIRAD-EMVT, 40p.

HUSSAIN M, IQBAL M, TAYLOR WP, ROEDER PL. (2001) Pen-side test for the diagnosis of rinderpest in Pakistan, *Vet. Rec.*, **149**, 300-302.

KOCK RA, WAMBUA JM, MEWANZIRA J, WAMWAYI HM, NDUNGU GK, BARRET T. *et al.* (1999) Rinderpest epidemic in wild ruminants in Kenya (1993-1997), *Vet. Rec.*, **145**(10), 275-83.

LIBEAU G, COLAS F, GUERRE L. (1994) Rapid differential diagnosis of rinderpest and peste des petits ruminants using immunocapture ELISA. *Vet. Rec.*, **134**, 300-304.

LIBEAU G, SALIKI JT, DIALLO A. (1997) Caractérisation d'anticorps monoclonaux dirigés contre les virus de la peste bovine et de la peste des petits ruminants : identification d'épitopes conservés ou de spécificité stricte sur la nucléoprotéine, *Rev. d'Elev. et de Med. Vét. des Pays Trop.*, **50**(3), 181-190.

LIVRE BLANC DE L'ÉLEVAGE CENTRAFRICAIN (1990) Collectif, Montpellier : CIRAD-EMVT, 128p.

MAILLARD A. (1999) *Rapport de fin de mission en RCA : décembre 1997-juillet 1998*. Bangui : PARC, 60p.

MAPINFO 5.5. (1999). Mapinfo corporation

MAPINFO 6.0 (2000). Mapinfo corporation

MORRIS RS, WILESMITH JW, STERN MW, SANSON RL, STEVENSON MA. (2001) Predictive spatial modeling of alternative control strategies for the foot-and-mouth disease epidemic in Great Britain, 2001, *Vet. Rec.*, **149**, 137-144.

OBI TU, ROEDER PL, GEERING WA. (1999) *Manual on the Preparation of Rinderpest Contingency Plans*, Rome : FAO, 34p.

PACHOLEK X. (1994) *Mise en place d'un système d'information géographique pour orienter les actions des services vétérinaires, exemple du projet d'appui à l'élevage bovin des*

*zones traditionnelles du Mashoonaland Est (Zimbabwe)*. Mémoire DESS PARC, CIRAD-EMVT, Montpellier, 97p.

PROVOST A. (1982), Bases scientifiques de l'éradication de la peste bovine en Afrique intertropicale, *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **1**(3), 589-618.

RAMM F. (1984) Un pays enclavé. *In* : VENNETIER P, editor. *Atlas de la république centrafricaine*, Paris : Les éditions jeune Afrique, 6-7.

SANSON RL, PFEIFFER DU, MORRIS RS. (1991) Geographic information systems: their application in animal disease control, *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, **10**(1), 179-195.

SCOTT GR, TAYLOR WP, ROSSITER PB. (1986) *Manuel de diagnostic de la peste bovine*, Rome : FAO, 215p.

SHARMA P. (1). (1999) Developing GIS skills for veterinarians in developing countries. *In* : SHARMA P, BALDOCK C, editors. *Understanding animal health in southeast Asia*, Canberra : ACIAR, 195-221.

SHARMA P. (2). (1999) GIS-Based Animal Health Information Systems. *In* : SHARMA P, BALDOCK C, editors. *Understanding animal health in southeast Asia*, Canberra : ACIAR, 73-87.

TULASNE JJ, LEFÈVRE PC, BLANCOU J. (1996) Experience with Veterinary Vaccines in Warm Climates, *Dev. Biol. Stand.*, Karger : Basel, **87**, 33-42.

WAMWAYI HM., FLEMING M, BARRET T. (1995) Characterisation of African isolates of Rinderpest virus, *Vet Microbiol*, **44** (2-4), 151-63.



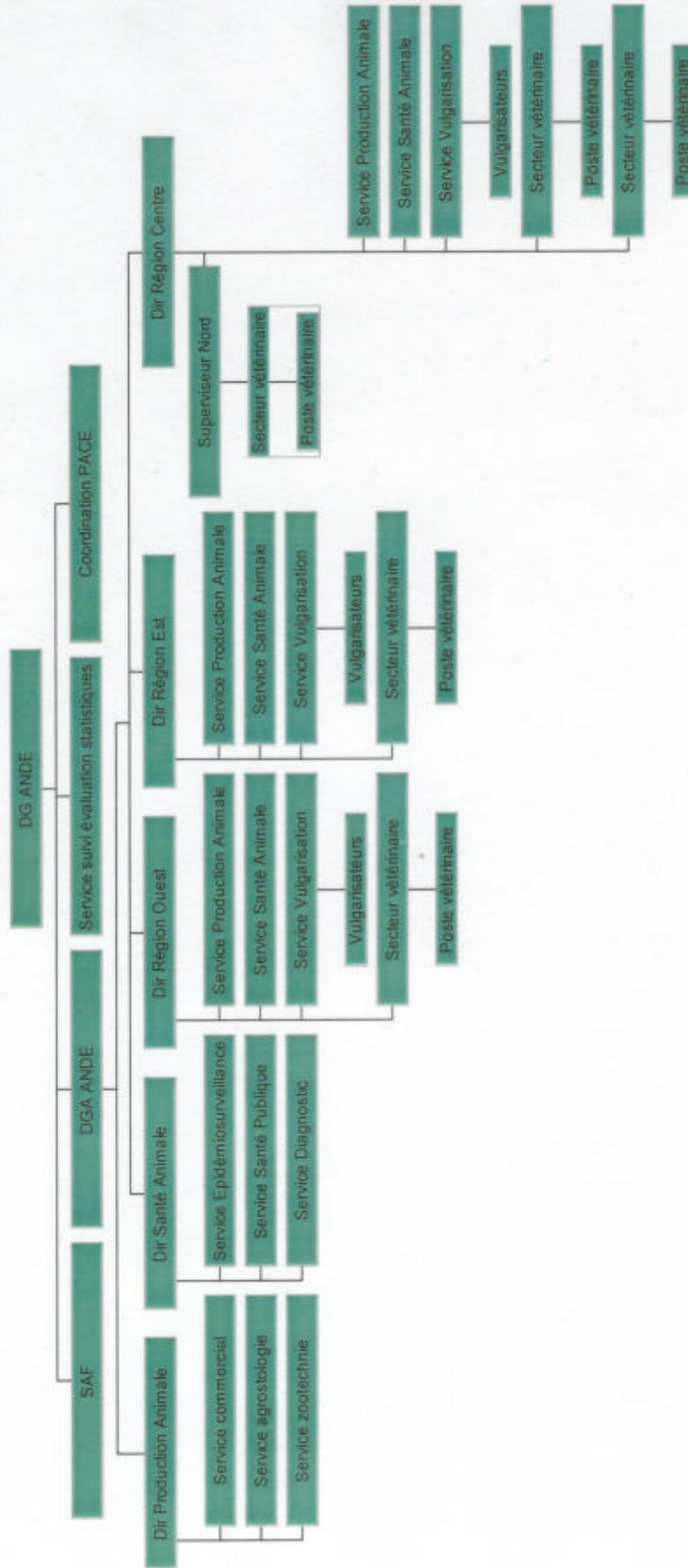
## **ANNEXES**



## **ANNEXE 1**

### **ORGANIGRAMME DE L'ANDE**

Organigramme de l'ANDE



**ANNEXE 2**

**LISTE DES POSTES DE L'ANDE**

Région	Préfecture	Secteur	Identifiant	Poste	N° Réseau
Centre	Kémo	Dekoa	1108100	Mala	0
			1108220	Dekoa	20
			1108300	Katakpa	0
		Sibut	1111100	Ngoumbélé	0
			1111232	Sibut	32
			1111300	Galafondo	0
	Lobaye	Boda	1110100	Boboua	0
			1110200	Boudjoula	0
			1110331	Zalingo	31
			1110400	Boguéra	0
			1110500	Boda	0
			1110600	Mongoumba	0
			1110700	Mbaiki	0
	Nana-Grébizi	Kaga-Bandoro	1109119	Ouandago	19
			1109223	Kaga-Bandoro	23
			1109300	Mbrès	0
	Ombella-Mpoko	Bangui	1101226	PK13 Marché	26
			1101327	PK13 Abattoir	27
		Bimbo	1101100	Bégoua	0
			1101400	Bimbo	0
		Boali	1103100	Boali	0
			1103200	Bougoula	0
		Bossembélé	1105100	Bougoudi	0
			1105200	Bossembélé	0
			1105328	Boudouli	28
		Damara	1107100	Bogangolo	0
			1107230	Damara	30
		Yaloké	1112100	Yaloké	0
	1112200		Békadili	0	
	Ouham	Batangafo	1102100	Moyenne-Sido	0
			1102221	Batangafo	21
			1102318	Kabo	18
		Bossangoa	1104100	Ouham Bac	0
1104200			Nana Bakassa	0	
1104324			Benzambé	24	
1104400			Boguila	0	
1104522			Markounda	22	
1104600			Bossangoa	0	
1104729		Koro Mpoko	29		
Bouca		1106425	Bouca	25	
	1106500	Ngatoua	0		

Région	Préfecture	Secteur	Identifiant	Poste	N° Réseau
Est	Haute-Kotto	Bria	1326117	Mbaïdou	17
			1326200	Bria	0
			1326307	Sam Ouandja	7
	Mbomou	Bangassou	1325113	Rafai	13
			1325215	Zemio	15
			1325312	Bangassou	12
			1325400	N'zako	0
	Ouaka	Alindao	1323100	Zounguinza	0
			1323200	Pavika	0
			1323300	Dimbi	0
			1323400	Kembé	0
			1323500	Kongbo	0
			1323600	Nzéléte	0
			1323709	Alindao	9
			1323800	Boy Kette	0
			1324100	Gotchéle	0
		Bambari	1324200	Boyo	0
			1324300	Bokolobo	0
			1324408	Bambari	8
			1324500	Goubali	0
			1324600	Tagbara	0
			1327110	Kouango	10
		Grimari	1327214	Grimari	14
			1327300	Ngalobo	0
			1328100	Loa	0
		Ippy	1328216	Ippy	16
			1328300	Mbroutchou	0
1329100			Langandi	0	
Mobaye		1329211	Mobaye	11	
		1329300	Zangba	0	
		1431104	Ndélé	4	
Nord	Bamingui-Bangoran	Ndélé	1431205	Akoursoulback	5
			1430103	Boromata	3
	Vakaga	Birao	1430201	Birao	1
			1430302	Am Dafock	2
			1430406	Ouanda Djallé	6

Région	Préfecture	Secteur	Identifiant	Poste	N° Réseau	
Ouest	Mambéré-Kadéï	Berberati	1215100	Nandobo	0	
			1215200	Berberati	0	
			1215300	Nola	0	
		Carnot	1219100	Carnot	0	
			1219238	Ndinguiri	38	
			1220100	Bombo	0	
		Gamboula	1220200	Gamboula	0	
			1220339	Noufou	39	
			1213100	Ndimba	0	
	Nana-Mambéré	Baboua	1213200	Gallo	0	
			1213300	Koundé	0	
			1213400	Besson	0	
			1213537	Baboua	37	
			1213600	Cantonier	0	
			1214100	Baoro	0	
		Baoro	1214200	Balembé	0	
			1217100	Béanana	0	
		Bouar	1217200	Ngaïdoua	0	
			1217300	Sabewa	0	
			1217400	Niem	0	
			1217500	Yongoro	0	
			1217600	Yélowa	0	
			1217733	Bouar	33	
			1217800	Zotoua	0	
			1216100	Ngaoundaye	0	
		Ouham-Pendé	Bocaranga	1216200	Loura	0
				1216335	Bocaranga	35
	1216400			Herba-Tole	0	
	1218100			Bokayan	0	
	Bozoum		1218200	Voundou	0	
			1218340	Bozoum	40	
			1218400	Tatali	0	
			1218500	Bossemptélé	0	
	Koui		1221100	Sanguere 3	0	
			1221200	Bohong	0	
			1221300	Mbotonga	0	
			1221436	Koui	36	
		1221500	Badi	0		
		1221600	Kela Mowélé	0		
	Paoua	1222100	Taley	0		
		1222200	Pendé	0		
		1222300	Bémal	0		
1222434		Paoua	34			
1222600		Léa	0			

## **ANNEXE 3**

### **FICHE D'ANALYSE INDIVIDUELLE**



**ANNEXE 4**  
**FICHE D'ENQUÊTE TROUPEAU**

N° du troupeau	Préfecture	Secteur	Poste	Site	Ethnie	
1	Basse Volta	Mobaye	Boninaba		Peulh	
Nom propriétaire	Nb personnes	Eleveur	Agriculteur	Commerçant	Pêcheur	Autre
Wahinatoumou 5	5					Fonctionnaire activité
Déplacement	Durée	Distance	Troupeau bovin			Autres troupeaux
			Race des bovins 1	Race des bovins 2	Race des bovins 3	Race des bovins 4
Lieu de départ	Lieu intermédiaire	Lieu d'arrivée	Mororo	Basolé		
Vaccination antérieure PB	Adhérent GIP	Adhérent GIAP	Carte	Nom de l'enquêteur	Date de l'enquête	Nbr total de caprins porcins volailles
				gnédi	18/07/1999	ovins 4 20 127
Observations						

## **ANNEXE 5**

### **LISTE DES POSTES DU RÉSEAU**

Région	N° réseau	Identifiant	Poste	Secteur	Nom
Centre	20	1108220	Dekoa centre	Dekoa	KANDAGBA
	32	1111232	Sibut centre	Sibut	BATANGA YAMINDJI
	31	1110331	Zalingo	Lobaye	ENDJINGBOMANDJI
	19	1109119	Ouandago	Kaga-Bandoro	GBANGABO
	23	1109223	Kaga-Bandoro centre	Kaga-Bandoro	RAMADAN
	26	1101226	PK13 Marché	Bangui	MBOLOBE
	27	1101327	PK13 Abattoir	Bangui	
	28	1105328	Boudouli	Bossembélé	Kossi-Yakongo
	30	1107230	Damara centre	Damara	TOUADERE
	18	1102318	Kabo	Batangafo	
	21	1102221	Batangafo centre	Batangafo	NDOYO
	22	1104522	Markounda	Bossangoa	GNAPELET
	24	1104324	Benzambé	Bossangoa	décédé
	25	1106425	Bouca centre	Bouca	GBAMAMILLE
29	1104729	Koro Mpoko	Bossangoa	OUANAM	
Est	7	1326307	Sam Ouandja	Bria	MAPOUKA
	17	1326117	Mbaïdou	Bria	Kingo-Gni-Deba
	12	1325312	Bangassou centre	Bangassou	MEGREPAZE
	13	1325113	Rafai	Bangassou	Oualo
	15	1325215	Zemio	Bangassou	SAKAGBENDO
	8	1324408	Bambari centre	Bambari	MAGUINDI-BIBISSI
	9	1323709	Alindao centre	Alindao	KOI
	10	1327110	Kouango	Grimari	GOLEGUE
	11	1329211	Mobaye centre	Mobaye	TOGO-BORGIA
	14	1327214	Grimari centre	Grimari	EBEKOSSI
	16	1328216	Ippy centre	Ippy	NGOMBE
Nord	4	1431104	Ndéle centre	Ndéle	TEMBETI
	5	1431205	Akoursoulback	Ndéle	Sandjima
	1	1430201	Birao centre	Birao	DOMALE
	2	1430302	Am Dafock	Birao	NZAPABALET
	3	1430103	Boromata	Birao	NGAMONDO
	6	1431406	Ouanda Djallé	Birao	
Ouest	38	1219238	Ndinguiri	Carnot	décédé
	39	1220339	Noufou	Gamboula	Ramadan
	33	1217733	Bouar centre	Bouar	ABBO OUSMAN
	37	1213537	Baboua centre	Baboua	OMASSILIKO
	34	1222434	Paoua centre	Paoua	GANAZOUI
	35	1216335	Bocaranga centre	Bocaranga	Ngoutendji
	36	1221436	Koui centre	Koui	DJIGBIAT
	40	1218340	Bozoum centre	Bozoum	NGOUKOU

## **ANNEXE 6**

### **FICHE DE RAPPORT MENSUEL**

## Rapport mensuel

## Recherche active

Nouvelle fiche

Rechercher fiche

Imprimer une fiche

Retour Menu Général

Nom de l'agent: Ganazoui michel

Date rapport: 30-avr-00

Direction Régionale: Ouest

Poste d'observation: 1.2.22.4.34

Recherche active | Suspensions | Contrôles frontières | Liste matériel | Difficultés

Sensibilisation Localisation Nbr personnes Nb bv observés Nbr bv examinés

Paoua	28	60	12
Marché à bétail	17	24	7

Recherche Localisation Nb bv observés Nbr bv examinés Suspicion ? Localité Rumeurs PB Rumeurs PPCB

Recherche	Localisation	Nb bv observés	Nbr bv examinés	Suspicion ?	Localité	Rumeurs PB	Rumeurs PPCB
Eleveur	1	60	28	0	Marché Paoua	non	non
	2	115	24	0	Betokomia	non	non
	3	44	10	0	Bedere	non	non
	4	19	7	0	Poulao	non	non

Marchés	Localisation	Nb bv observés	Nbr bv examinés	Suspicion ?	Rumeurs PB	Rumeurs PPCB
	Paoua centre	45	9	0		
	Pende	15	8	0	non	non

Abattoirs Localisation Nb carc. observées Suspicion ?

Paoua centre	76	0
Betoko	13	0

Recherche active | Suspensions | Contrôles frontières | Liste matériel | Difficultés

Nombre de suspicions de peste bovine

Nombre de suspicions de PPCB

Nombre de prélèvements

Nombre de prélèvements

sérums:  0  
 sang anticoagulant:  0  
 écouvillons:  0  
 ggs préscapulaires:  0  
 ggs mésentériques:  0  
 rate:  0  
 autre:   
 Nbr autre:

sérums 2:  0  
 liquide pleural:  0  
 buvard:  0  
 poumon:  0

Nbr analyses terrain IDG:  0

Nbre de troupeaux rencontrés	<input type="text" value="7"/>	Nbr de troupeaux non ou incomplètement vaccinés	<input type="text" value="7"/>
Nbre estimé d'animaux rencontrés	<input type="text" value="138"/>	Nbr d'animaux estimés non ou incomplètement vaccinés	<input type="text" value="138"/>
Nbr de réunions de sensibilisation à la vaccination	<input type="text" value="4"/>	Nbr de réunions de sensibilisation sur le réseau	<input type="text" value="6"/>
Nbr d'éleveurs touchés	<input type="text" value="130"/>	Nbr d'éleveurs touchés	<input type="text" value="139"/>
Nbr de recherches actives des goumiers	<input type="text"/>		
Nbr de vaccination d'animaux transhumants	<input type="text"/>		
Nbr de vaccination d'animaux de commerce	<input type="text"/>		
Nbr de LPS délivrés	<input type="text" value="7"/>		

vacutainers secs:	<input type="text" value="10"/>	petit pot:	<input type="text"/>	alcool:	<input type="text"/>	bistouris:	<input type="text" value="1"/>
vacutainer anticoagulant:	<input type="text"/>	grand pot:	<input type="text" value="3"/>	gants:	<input type="text" value="0"/>	lames:	<input type="text" value="100"/>
adaptateurs:	<input type="text" value="3"/>	fixateur:	<input type="text"/>	boîtes en métal:	<input type="text" value="1"/>	pinces:	<input type="text" value="1"/>
aiguilles:	<input type="text" value="100"/>	couteaux:	<input type="text" value="1"/>	ciseaux:	<input type="text" value="1"/>		
écouvillons2:	<input type="text" value="10"/>	coton:	<input type="text"/>				
lame:	<input type="text"/>						
lamelles:	<input type="text"/>						

Me répétant toujours, le poste d'observation n° 34/Paoua éprouve plus d'une centaine de fiches de rapport mensuel d'activités, du matériel consommable à savoir : coton, alcool, gants et feuilles de frappe, blocs notes petits, moyens et grands formats et autres.

Le secteur de Paoua, car sa position géographique par rapport à la direction régionale ouest/ande sollicite l'affectation d'un congélateur pour une fiable chaîne de froid.

La vaccination des animaux transhumants provenant du Tchad, soit les animaux de commerce pose un sérieux problème au sujet du manque de congélateur.

Le chef de poste d'observation n°34/Paoua est obligé de faire photocopier le "specimen" de la fiche de rapport mensuel d'activités pour réussir à acheminer les données à la DRO/ANDE.



## **ANNEXE 7**

### **LISTE DES TABLES CONSTITUANT LE SIG**

*Classées par dossiers tels qu'ils étaient au départ de RCA*

## TABLES EN VRAC

**A\_rca** : sous-préfectures non mises à jour avec données du PRASAC

**Ande3\_vente1994** : table créée à partir d'une analyse thématique de type GRID : localisation de marchés correspondant à des postes, la couleur correspond aux ventes pour 1994

**Bovin\_m** : localisation des zones d'élevage et de transhumance d'après le PRASAC, pas de quantification

**Eauetforet** : poste des eaux et forêt pour le nord du pays uniquement

**Hydro** : ensemble du réseau hydrologique, (quelques cours d'eau sont identifiés), fourni par le PRASAC, utile pour ajouter des affluents mineurs absents de la couche rivière

**Mvtcomest** : mouvements commerciaux de bétail d'après les explications du chef de santé animal de la région Est

**Mvtcommpascal** : couloirs de commercialisation identifiés par Pascal Hendrikx

**MvtPDZCV** : passages de bovins indiqués par José Telo du PDRN

**Mvtranshest** : mouvements de transhumance à l'est d'après les explications du chef de santé animal de la région Est

**Mvtranshpascal** : mouvements de transhumance identifiés par Pascal Hendrikx

**Nouv\_cordonpascal** : délimitation du cordon sanitaire pour la RCA dessiné par Pascal Hendrikx

**Péages** : localisation des péages et barrières de pluie d'après la carte et les renseignements fournis par le chef de santé animal de la région Centre, plus ceux observés sur la route Bangui-Bouar, le type de barrage est indiqué

**RCA\_carte** : accès impossible

**RCA\_horiz2** : carte IGN de la RCA au 1/1500000 scannée et calée en projection UTM zone 34 Nord (WGS84)

**RoutesRCAm0d** : première version de la couche routedef

**Routestoutes** : compilation du tracé des routes identifiées par le PASAC et des routes centrafricaines disponibles sur Internet, et communiquées par Pascal Hendrikx couche non mise à jour sans information sur les routes

**Secteursurfaceseffectifsvaccinés...** : cartes de la RCA colorée en fonction des effectifs vaccinés par secteur en 98 et 99 créées par une analyse de type GRID, seules les deux premières ont un intérêt

**Transhumance** : compilation des mouvements de transhumance de Pascal Hendriks et du chef de secteur de Batangafo avec mention de la source, table à compléter avec les monographies

**VillagesRCA** : ensemble des villages et villes de RCA avec leurs noms, l'orthographe diffère suivant les sources (cartes, services, habitants...) donc se méfier lors de toutes requêtes ou géocodages portant sur une correspondance de nom de ville, les villages ont été positionnés par carte ou GPS, les données proviennent du PRASAC, d'Internet et d'ajouts personnels

**Zonesprotégées** : première ébauche des zones protégées à partir des données du PRASAC et du PDRN, sans mise à jour

**Zonetranshpascal** : zones de stationnement des transhumants repérées par Pascal Hendriks

#### DANS SECTORISATION

**Graphique** : schéma scanné et calé en projection long/lat (WGS84) des zones d'intérêt cynégétique du Service des eaux et forêts

**Mono33** : schéma simplifié de la monographie du poste réseau n°33 à compléter sous forme de document

**Mono5** : schéma simplifié de la monographie du poste réseau n°5 à compléter sous forme de document

**Monobatangafo** : schéma simplifié de la monographie du secteur de Batangafo à compléter sous forme de document

**Parcetsafari** : fusion des zones des eaux et forêts en fonction des sociétés gérantes (safari, parc national...) seules les parcelles occupées sont présentes

**Safaricamps** : localisation des camps de chasse de Aouk Sangha Safari

**Zoneeauetforet** : zone d'intérêt cynégétique définie par les eaux et forêts dessinée à l'aide du document de 1987 redéfinissant ces zones par les routes, rivières et droites tracées (mise à jour et plus précis que les dessins de Graphique)

**ZoneNola** : sectorisation de la zone de Nola (couche intermédiaire)

## DANS ESSAIS DIVERS

**Cartes200000** : Grille modifiée correspondant à l'ensemble des cartes au 1/200000 avec leur code et leur nom

**Cordonspref** : ensemble des sous-préfectures comprises dans le cordon sanitaire

**Cordonsurv** : fusion des sous-préfectures selon les deux zones du cordon sanitaire

**Cordonsurv2** : dessin des deux zones du cordon sanitaire inspiré de la carte CorelDraw et du tracé des sous-préfectures

**Grille** : grille ratée

**Grille2** : grille de la RCA très fine (10km)

**Nonloc** : marchés de RCA non localisés (table non actualisée depuis la visite faite à A. Yango du Plan)

**Pompeessence** : localisation des pompes à essence d'après les cartes et les propos recueillis par les chefs de secteur centre et ouest

**Rivières** : réseau hydrologique simplifié : les segments de cours d'eau sont fusionnés en fonction de leur nom, tous les cours sont identifiés d'après la carte 1/1500000 ou les cartes 1/200000 pour certains, cette couche peut être complétée au fur et à mesure pour enrichir les monographies à l'aide des objets de la table hydro

**TamponANDE20k** et **TamponANDE50k** : tampons de 20 et 50 kilomètres dessinés autour de tous les postes de l'ANDE

**Tamponglacière** : tampons de 10 kilomètres autour des postes où il y a présence de glaciers

**Tamponrés050k** et **Tamponsec50k** : tampons de 50 kilomètres autour respectivement des postes du réseau et des secteurs de l'ANDE

## DANS COMMERCE

**Abattage1** : liste des abattoirs répertoriés par le service suivi évaluation avec secteur d'abattage et données d'abattage pour 96, 97, 98, certains ne sont pas localisés.

**CoulcomPK22** : couloir commercial allant au PK22 depuis la région Est d'après le DSA Est

**Marchés1** : liste des marchés répertoriés par le service suivi évaluation avec secteur de marché et données de commercialisation pour 94 à 98, type de marché, certains ne sont pas localisés

**Mvtcom** : compilation des mouvements de commercialisation avec indication du type de mouvement et de la source

DANS BASEACCESS (TOUTES LES BASES SONT DANS BASEVETO ET VETOSIG1)

**ANDE3** : ensemble des postes et secteurs de l'ANDE

**Andetamponné** : essai de tampons

**Bidondiluant** : couche de matériel : bidon pour liquide de diluant, non géocodé et à compléter

**Carte200000** : la même que dans essais divers

**Congélateur** : localisation des congélateurs avec marque, type et état selon les régions, à compléter

**DAM** : localisation et informations sur les agents de l'animation mutualiste et leur moyen de locomotion, à compléter

**Gip** : localisation des GIP et FelGip avec nom du président, nombre d'adhérents et identification de l'animateur responsable, tous ne sont pas localisés et il manque la région Nord

**Glacières** : localisation des glacières avec le nombre et état, à compléter

**Infoagents** : table issue de Labo2, non géographique

**Mobylette** : localisation des mobylettes PARC avec l'état et le conducteur, à compléter

**Moto** : localisation des motos PARC avec l'état et le conducteur, à compléter

**Moyenroulant** : table source de mobylette, moto, véhicule, non géographique, à compléter

**Pdrn** : schéma des 3 zones PDRN avec les bases

**Petitmatériel** : liste par poste du réseau du petit matériel issu des rapports d'activité, à compléter avec les rapports mensuels

**Pinceàmarquer** : localisation des pinces à marquer avec le nombre, à compléter

**Posteréseau** : localisation des postes du réseau avec l'agent, à compléter

**PostesANDE** : localisation des postes de l'ANDE

**Préfectures** : préfectures avec nombre de bovins en 1990

**Radioloc** : localisation des postes radios des différents projets répertoriés, à compléter

**Radiofreq** : table non géographique avec fréquence et horaires des radios précédentes, à compléter

**Rapport mensuel activité1** : table des derniers rapports mensuels des postes du réseau, s'utilise en analyse thématique avec posteréseau, à mettre à jour

**Régions** : tracé des 4 régions avec nombre de bovins en 1990, vaccination de 90 à 98 et sérosurveillance en 94 et 98 (chiffre de Pascal Hendrikx)

**RésSeroPB** : résultats de la séro PB par troupeau et par type d'échantillon

**Routedef** : ensemble des routes mises à jour avec le nom, le type de route, la distance, les 2 villes reliées et une indication de vitesse attendue

**Safaricamps** : les deux camps de Aouk Sangha Safari

**SeauFor** : la même que dans eaux et forêt

**Secteurs** : secteurs vétérinaires avec chef de secteur

**Secteursurface** : zonage de la RCA selon les périmètres des secteurs, utile comme fond d'analyse thématique

**Seringuesautomatiques** : localisation avec nombre et état, à compléter

**Sérodonnéestroupeau** : la même que dans Labo2, non géographique

**Sérofaune99** et **Sérofaune00** : localisation des prélèvements faune, à compléter avec les résultats et le nombre de prélèvements pour 2000

**SéroPB** : accès impossible

**SéroPB94** et **SéroPB99** : résultats du séromonitoring par secteur, non géographique, à utiliser en analyse thématique, compléter 1999 (seulement nord et est)

**SéroPBDR94** et **SéroPBDR99** : même chose que SéroPB mais par région

**Souspostes** : informations sur les sous-postes : poste et secteur d'appartenance, agent, certains ne sont pas localisés, à compléter

**Sous-préfectures** : tracé des sous-préfecture avec info administrative, mis à jour par rapport aux données PRASAC, vérifier qu'il n'y a pas de nouvelles sous-préfectures cachées...

**Ssprefcommerce** : accès impossible

**Table2** et **Table2 plus** : essai de table pour les résultats de sérologie, sans intérêt

**Urgencematérielroulant** : issu de la base Labo2, non géographique et seulement deux enregistrements

**Vaccination** : résultats de vaccination (en nombre) et de marquage depuis 1989 par secteur

**Véhicule** : véhicules du PARC avec marque, état, conducteur, à compléter

**VéhiculeCREF** : localisation des véhicules du CREF avec agent, état...

**VillageRCA** : copie de Village RCA mais à la suite d'un géocodage raté, les villages sont dans le désordre, à détruire

**Villes** : principales villes, contenu partiellement effacé

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Situation de la RCA dans le continent africain et découpage administratif	9
Figure 2 : Profil végétal de la République centrafricaine d'après le PRASAC	10
Figure 3 : Réseau hydrologique de la République centrafricaine	11
Figure 4 : Réseau routier centrafricain	12
Figure 5 : Répartition des villages centrafricains	13
Figure 6 : Répartition de la population bovine en 1990	14
Figure 7 : Répartition des postes et des secteurs vétérinaires de l'ande	18
Figure 8 : distribution des animateurs, des GIP et des felgip de la FNEC	19
Figure 9 : Répartition des CREF	20
Figure 10 : Zone d'étude du PRASAC	22
Figure 11 : Zones protégées, Safari et zone PDRN	23
Figure 12 : Les étapes de l'analyse de risque (source : Hendrikx, 1999)	24
Figure 13 : Peste Bovine et procédure OIE (source : rapport Hendrikx, 1999)	29
Figure 14 : Nouveau cordon sanitaire en RCA	30
Figure 15 : Localisation des postes du réseau	34
Figure 16 : Organisation des données dans un SIG en mode vectoriel	44
Figure 17 : Exemple de tampons géographiques	50
Figure 18 : Exemple d'analyses thématiques sur des points et des surfaces	52
Figure 19 : Exemple d'utilisation de l'outil « information »	77
Figure 20 : Répartition des motocyclettes du PARC et analyse de leur état de fonctionnement	78
Figure 21 : Zonage à partir de la monographie du secteur Batangafo-Kabo	79
Figure 22 : Requête sur une zone tampon pour connaître les cartes 1 : 200 000 correspondantes	82
Figure 23 : Mouvements commerciaux à l'est du pays	83
Figure 24 : Comparaison des ventes et des abattages par sous-préfecture en 1998	84
Figure 25 : Croissance des effectifs vaccinés entre 1998 et 1999, effectifs vaccinés en 1999	86
Figure 26 : Données de la sérosurveillance peste bovine par classe d'âge et par secteur vétérinaire en 1999 (régions Nord et Est)	88
Figure 27 : Nombre de personnes rencontrées par les Agents du Réseau	89
Figure 28 : Extrapolation des effectifs vaccinés en 1998	95

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

- ACCB : Association des Commerçants Centrafricains de Bétail
- ACDA : Agence Centrafricaine de Développement Agricole
- ACOBECA : Association des Commerçants de Bétail Centrafricains
- ADR : Auxiliaires du Réseau
- ANBC : Association Nationale des Bouchers Centrafricains
- ANDE : Agence Nationale de Développement de l'Élevage
- BVD/MD : Maladie des Muqueuses
- CIRAD : Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- CNIG : Conseil national de l'information géographique
- CREF : Cellule Rurale Éducation et Formation
- DAM : Département Animation Mutualiste
- DRC : Direction Régionale Centre
- DRE : Direction Régionale Est
- DRO : Direction Régionale Ouest
- ELISA : Enzym Linked ImmunoabSorbent Assay
- FAO : Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture
- FelGIP : Fédération locale de GIP
- FIDE : Fond Interprofessionnel de Développement de l'Élevage
- FNEC : Fédération Nationale des Éleveurs Centrafricains
- GIP : Groupement d'Intérêt Pastoral
- GPS : Global Positioning System
- GTZ : Coopération Technique Allemande
- IBR : Rhinotrachéite Infectieuse Bovine
- ICRA : Institut de Recherche Centrafricain
- IEMVT : Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux
- IGN : Institut Géographique National
- OIE : Office International des Épizooties
- PACE : Programme Africain de Contrôle des Épizooties
- PARC : Pan African Rinderpest Campaign
- PB : Peste Bovine

PDRN : Projet de Développement Région Nord  
PDSV : Projet de Développement des Savanes Vivrières  
PDZCV : Projet de Développement des Zones Cynégétiques Villageoises  
PIU : Plan d'Intervention d'Urgence  
PPCB : Pleuro Pneumonie Contagieuse Bovine  
PRASAC : Programme Régional Africain Savane Afrique Centrale  
RCA : République de Centrafrique  
RDC : République Démocratique du Congo  
SIG : Système d'Information Géographique  
SISAC : Système d'Information en Santé Animale Centrafricain  
SQL : Search Query Language  
UTM : Universal Transverse Mercator  
WGS : World Geodetic System  
WWF : World Wild Fund  
Zagrop : Zone d'intérêt Agropastorale



# CONTRIBUTION A LA MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE POUR L'ANALYSE DU RISQUE « PESTE BOVINE » EN CENTRAFRIQUE

FEDIAEVSKY Alexandre

## RÉSUMÉ :

La République de Centre Afrique est située près de l'un des derniers creusets infectieux de peste bovine en Afrique. Entre l'arrêt du programme PARC et le début du programme PACE la gestion du risque de réintroduction et de diffusion de la peste bovine devait faire l'objet d'une attention soutenue. Un Système d'Information Géographique (SIG) constitue un outil efficace pour la gestion de ce risque. La mise en place d'un tel système nécessitait la récolte et le traitement de nombreuses informations suivant une démarche logique. L'environnement géographique et administratif du pays a été reproduit, les données épidémiologiques ont été saisies et les inventaires des moyens humains et matériels ont été commencés. La réunion et l'informatisation de l'ensemble de ces données ont pris du temps et se sont heurtés à certaines contraintes inhérentes à la Centrafrique. Bien que je n'aie pas eu le temps de finir la mise en place du SIG, celui-ci était déjà fonctionnel pour un certain nombre de tâches. Son achèvement devrait en faire un outil efficace pour analyser les risques de réintroduction et de diffusion de la peste bovine, pour gérer le Plan d'Intervention d'Urgence en cas d'épidémie et pour exploiter les résultats des différentes activités de lutte et de surveillance déjà en place en Centrafrique et qui sont amenées à se développer avec le programme PACE.

Mots-clés : épidémiologie, système d'information géographique, peste bovine, surveillance, Afrique, République de Centrafrique, Faune sauvage.

## JURY :

Président : Pr.

Directeur : Pr. BENET

Assesseur : Pr. REMY

## Adresse de l'auteur :

M. Fediaevsky Alexandre  
5, rue Séguier  
75006 Paris  
France

# CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM FOR THE RISK ANALYSIS OF RINDERPEST IN CENTRAL AFRICAN REPUBLIC

FEDIAEVSKY Alexandre

## SUMMARY:

The Central African Republic is located nearby one of the last African zone to be infected by rinderpest. Between the end of the PARC programme and the beginning of the PACE programme, risk of reintroduction and diffusion of rinderpest had to be seriously monitored. A Geographical Information System (GIS) is an efficient tool for risk management. Development of such a system required gathering and treating much information accordingly to a logical pattern. Geographical and administrative environment of the country have been reproduced; epidemiological data have been computerised; listing of human and material resources had started. Collection and computerisation of all these data were time consuming and came up against many Central African constraints. Although I did not have time to finish the development of the GIS, a number of functions were already available. Once completed it would be a resourceful tool to monitor risk analysis for reintroduction and diffusion of rinderpest; to manage Emergency Contingency Plan in case of outbreak and to make use of results coming from the various diseases surveillance and control activities already implemented in Central Africa and which will have further development under the PACE programme.

KEY WORDS: epidemiology, geographical information system, rinderpest, surveillance, Africa, Central African Republic, wildlife.

## JURY:

President: Pr.  
Director: Pr. BENET  
Assessor: Pr. REMY

## Author's Address:

M. Fediaevsky Alexandre  
5, rue Séguier  
75006 Paris  
France