



Institut de recherche
pour le développement

ENQUETE SUR LA BORRELIOSE A TIQUES
A *BORRELIA CROCIDURAE* AU TCHAD ET AU CAMEROUN

Décembre 2004

Georges Diatta*, Laurence Vial*, Jean-Marc Duplantier*, Parfait Awono-Ambene**,
Peka Mallaye***, Khalilou Ba*, Jean-Louis Camicas****, Jean-François Trape*

* Institut de Recherche pour le Développement, BP 1386, Dakar, Sénégal

** Centre de Recherches Médicales, Yaoundé, Cameroun

*** Ministère de la Santé Publique, Ndjaména, Tchad

**** Institut de Recherche pour le Développement, BP 64501, Montpellier, France

AVANT-PROPOS

Du 13 janvier au 21 février 2003, une enquête de terrain dont l'objectif était de rechercher la présence de la tique ornithodore *Alectorobius sonrai* et du spirochète *Borrelia crocidurae* a été effectuée dans plusieurs régions du Tchad et du Cameroun. Cette enquête, réalisée sous l'égide du programme Gestion et Impact du Changement Climatique (GICC) du Ministère français de l'Ecologie et du Développement Durable, s'inscrit dans le cadre d'un vaste programme de recherches sur la distribution géographique de la borréliose à tiques en Afrique. Des études récentes ont en effet montré que cette maladie, presque toujours méconnue, est actuellement en phase d'expansion géographique et qu'elle constitue une des principales causes de consultation pour syndrome fébrile dans plusieurs régions d'Afrique de l'Ouest (Trape *et al.*, 1991, 1996). Ce rapport décrit les observations faites durant l'enquête de terrain ainsi que les résultats des analyses de laboratoire effectuées à l'issue de cette enquête.

INTRODUCTION

L'agent pathogène responsable de la fièvre récurrente à tiques d'Afrique de l'Ouest est le spirochète *Borrelia crocidurae* Léger (1917). Il est rencontré en Afrique de l'Ouest, en Afrique du Nord et au Moyen Orient, où il provoque chez l'homme une maladie fébrile. Les patients non traités présentent pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois des épisodes de fièvre espacés d'une dizaine de jours chacun, d'où le nom de fièvre récurrente donné à la maladie. Les complications, parfois fatales, peuvent survenir à tout moment de l'évolution de la maladie : complications méningo-encéphalitiques, hépato-néphrites, atteintes oculaires et avortements spontanés chez les femmes enceintes (Gonnet, 1942 ; Bergeret *et al.*, 194 ; Goubau, 1984 ; Rodhain, 1976 ; Charmot *et al.* 1986 ; Lecompte & Trape, 2003). Cette affection, lorsqu'elle est diagnostiquée, est curable par les tétracyclines. Le diagnostic repose habituellement sur l'observation du spirochète lors de l'examen d'une goutte épaisse de sang colorée au Giemsa, technique identique à celle utilisée pour la mise en évidence des hématozoaires du paludisme. Cette technique, présente une bonne sensibilité entre les mains d'un microscopiste averti lorsqu'elle est effectuée lors du premier épisode fébrile. Elle est cependant souvent insuffisante lors des récurrences (50% de faux négatifs lors d'un examen standard de 0,5µl de sang sur goutte épaisse) et est presque toujours négative en période

d'apyrexie (Trape *et al.*, 1991 ; Diatta, 1992). Il n'existe pas d'immunité acquise solide contre cette maladie, ce qui explique qu'une même personne peut présenter de nombreux épisodes de borréliose au cours de sa vie.

Dans la plupart des cas, la borréliose, maladie oubliée ou peu connue, n'est pas diagnostiquée, et les malades seront considérés comme des cas de paludisme « résistants aux antipaludiques », ou de « viroses » ou « arboviroses » indéterminées. Pour ces raisons, l'incidence réelle de la borréliose est mal connue et seules les très rares études spécifiquement consacrées à cette maladie permettent d'en appréhender la fréquence. Au Sénégal, en zone rurale dans la moitié nord du pays, la borréliose représenterait 5% des motifs de consultation en dispensaire pour syndrome fébrile (Trape *et al.*, 1991). Le suivi étroit pendant 8 ans d'une population villageoise (Dielmo, Sénégal) a montré qu'en moyenne chaque année 11% de la population développait la maladie, l'incidence de la borréliose fluctuant de 4% à 26% selon les années (Ba, 2001). Dans cette région, la borréliose constitue la deuxième cause de morbidité par maladie à transmission vectorielle après le paludisme. La mortalité attribuable à la borréliose à tiques à *B. crocidurae* est mal connue. Elle semble néanmoins inférieure à celle attribuable, en Afrique Orientale et Centrale, à *Borrelia duttoni*, dont le taux de létalité est estimé à environ 2% (Rhodain, 1976 ; Goubau, 1984).

Les petits mammifères sauvages servent de réservoir à *B. crocidurae*. Quatorze espèces de rongeurs et insectivores ont été trouvées naturellement infectées en Afrique de l'Ouest et la prévalence de l'infection peut localement atteindre 30 % chez plusieurs espèces (Boiron, 1949 ; Godeluck *et al.*, 1994 ; Trape *et al.*, 1996 a et b). La transmission de *B. crocidurae* nécessite son passage par un vecteur. L'homme est ainsi contaminé à l'occasion de la piqûre de la tique ornithodore *Alectorobius sonrai* (Sautet & Witkowski, 1943) (*Acarida, Ixodida*), seul vecteur connu, qui vit dans les terriers mais peut occasionnellement piquer à l'extérieur, notamment quand les terriers s'ouvrent dans les habitations (Mathis *et al.*, 1937 ; Mathis, 1948 ; Morel, 1965). Cette tique est de petite taille (habituellement 2 à 8 mm), sa piqûre est indolore et elle reste fixée à l'hôte uniquement pour son repas de sang (au maximum une dizaine de minutes pour les nymphes, mâles et femelles), ce qui explique que peu de malades remarquent le moment de leur contamination.

Jusqu'à récemment, on considérait que la répartition géographique de la borréliose en Afrique de l'Ouest se limitait aux régions sahariennes et à la zone sahélienne, depuis la Mauritanie

et le nord du Sénégal jusqu'au Tchad (Morel, 1965 ; Trape *et al.*, 1991 et 1996a). L'ensemble des données recueillies depuis les premières études épidémiologiques dans les années 1930 indiquaient la présence d'*Alectorobius sonrai* uniquement au nord du 14° parallèle (localité la plus au sud : 14°28'N/16°59'W) dans des régions où la pluviométrie moyenne était habituellement inférieure à 500 mm. Aucune localité de collecte n'atteignait l'isohyète 750 mm qui était considéré comme la limite maximum d'extension du vecteur (Morel, 1965). Au Sénégal, la persistance du déficit pluviométrique au sud du Sahara depuis le début des années 1970 a été associée à une extension considérable de la distribution géographique de la tique vectrice *A. sonrai* que l'on retrouve maintenant jusqu'en zone soudanienne (Trape *et al.*, 1996a et 1999). Peu de données sont disponibles pour les autres pays d'Afrique subsaharienne et les limites de répartition d' *A. sonrai* dans ces pays ne sont pas connues.

Dans notre programme, il est proposé d'établir la répartition géographique actuelle de la borréliose à *B. crociduræ* en Afrique de l'Ouest et centrale. Il s'agit de savoir si la tique vectrice *A. sonrai* est bien présente, dans l'ensemble de la zone d'étude, aux trois étages bioclimatiques saharien, sahélien et soudanien. Les relations entre la distribution actuelle de la borréliose et les paramètres climatiques sont tout particulièrement étudiés, afin de vérifier l'hypothèse d'une relation étroite entre les modifications climatiques actuelles et l'extension de l'aire de répartition du vecteur. D'autres facteurs tels que la végétation, le relief, l'hydrographie ou la nature du sol sont pris en compte dans l'analyse de la distribution géographique du vecteur. Il est également étudié le fonctionnement des systèmes hôte/vecteur/parasite en zone soudanienne, sahélienne et saharienne, notamment les modalités de la contamination de l'homme et celles de la dispersion de l'agent pathogène et de son vecteur.

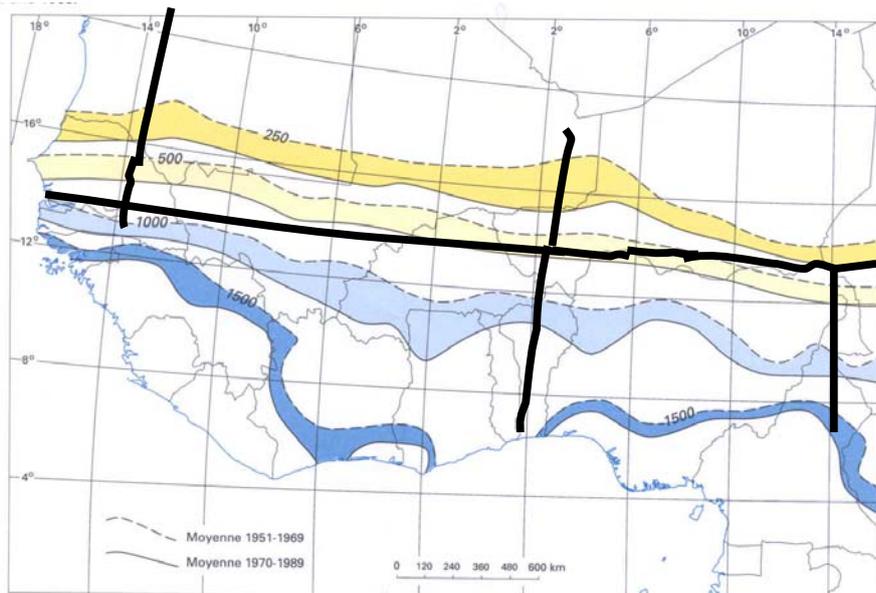
I. MATERIEL ET METHODES

I.1. Plan d'échantillonnage

Pour étudier la répartition géographique de la borréliose à tiques en Afrique subsaharienne, des études en transects sont proposées selon les modalités suivantes (Figure 1) :

- Un transect Ouest-Est effectué le long du 14^{ème} parallèle, depuis le Sénégal jusqu'à la frontière du Soudan au Tchad, en échantillonnant les terriers de rongeurs aux intersections des longitudes 16° W, 14°W, 12°W, 10°W, 8°W, 6°W, 4°W, 2°W, 0°, 2°E, 4°E, 6°E, 8°E, 10°E, 12°E, 14°E, 16°E, 18°E, 20°E et 22°E.
- Trois transects Nord-Sud : (1) au Tchad et Cameroun, entre le 14°E et le 15°E, de 8°N à 14°N, (2) au Mali, Niger et Bénin, entre 2°E et le 3°E, de 7°N à 19°N, et (3) et au Sénégal et en Mauritanie entre le 12°W et le 13°W, de 13°N à 23°N. Le long de ces trois transects, un échantillonnage des terriers de rongeurs ainsi que des captures de micromammifères seront effectués dans chaque degré carré. Si la tique vectrice est présente à l'extrémité sud ou nord de ces transects, cet échantillonnage sera poursuivi afin de déterminer les limites nord et sud de la répartition d'*A. sonrai*

Figure 1 : Echantillonnage en transects Nord-Sud et Est-Ouest, et présentation de l'évolution des isohyètes pour les périodes 1951-69, 1970-89, en Afrique de l'Ouest.



I.2. Méthodes de collectes des échantillons

La collecte des tiques est effectuée à l'aide d'un aspirateur à feuilles modifié (modèle Rioby) muni d'un tuyau souple annelé dont on introduit l'extrémité dans les terriers des rongeurs et insectivores pour recueillir la litière. Les tiques ainsi récoltées sont conservées en alcool à 70° pour leur détermination ultérieure puis, pour un échantillon d'entre-elles, pour leur typage génétique. Un minimum de 30 terriers est exploré dans chacun des sites d'échantillonnage sélectionnés, avec si possible plusieurs types d'habitats prospectés. En cas d'absence du vecteur dans les 30 terriers examinés dans un site, 30 terriers supplémentaires sont explorés dans le même site. Outre la collecte de tiques, des prélèvements systématiques de la faune associée aux terriers sont effectués.

Les captures de micromammifères sont effectuées dans les différents sites d'échantillonnage, à l'aide de pièges en grillage métallique, type BTS. La méthode adoptée est celle du piégeage en ligne dans la nature (pièges espacés de 10 mètres). Dans chaque site, des pièges sont également placés à l'intérieur des habitations. Les rongeurs étant principalement nocturnes, les piégeages s'effectuent la nuit. Cependant, les pièges sont installés suffisamment tôt dans la soirée pour permettre la capture des espèces diurnes, notamment *Arvicanthis niloticus*. Tous les animaux capturés sont identifiés, pesés et mesurés (longueurs tête + corps, queue, oreille, patte postérieure). Leur état reproductif est noté. Les prélèvements et analyses suivants sont également effectués chez les animaux obtenus vivants :

- Ectoparasites (tiques et puces) conservés en alcool pour identification ultérieure.
- Goutte épaisse colorée au Giemsa pour la recherche directe de *Borrelia*.
- Cerveau conservé en azote liquide pour inoculation ultérieure à la souris blanche.
- Oreille ou organe conservé en éthanol à 95° pour analyse ADN et confirmation de la détermination spécifique.
- Crâne ou carcasse complète conservés en formol 10% pour identification morphologique précise.
- Occasionnellement, analyse chromosomique pour identification spécifique en cas de complexe d'espèces jumelles.

Des échantillons systématiques de sol sont prélevés dans chaque zone d'étude, afin de connaître les caractéristiques pédologiques des sites étudiés, facteur pouvant influencer sur l'installation et la reproduction de la tique *A. sonrai*

I.3. Techniques d'analyse des échantillons

Au laboratoire, chaque tique collectée est étudiée à la loupe binoculaire pour sa détermination spécifique. Les tiques attribuables morphologiquement à *A. sonrai* sont traitées pour leur analyse génétique (extraction d'ADN puis typage génétique à l'aide de marqueurs microsatellites). Outre l'extraction d'ADN de tique, ce traitement permet d'extraire l'ADN de borrélioses si la tique est contaminée. L'infection de chaque tique par *B. crocidurae* peut donc être testée grâce à l'amplification de marqueurs moléculaires propres aux borrélioses. La mise au point de marqueurs particulièrement variables et spécifiques de *B. crocidurae* est prévue pour l'année 2004, afin de pouvoir différencier les différentes souches de *B. crocidurae* contaminantes.

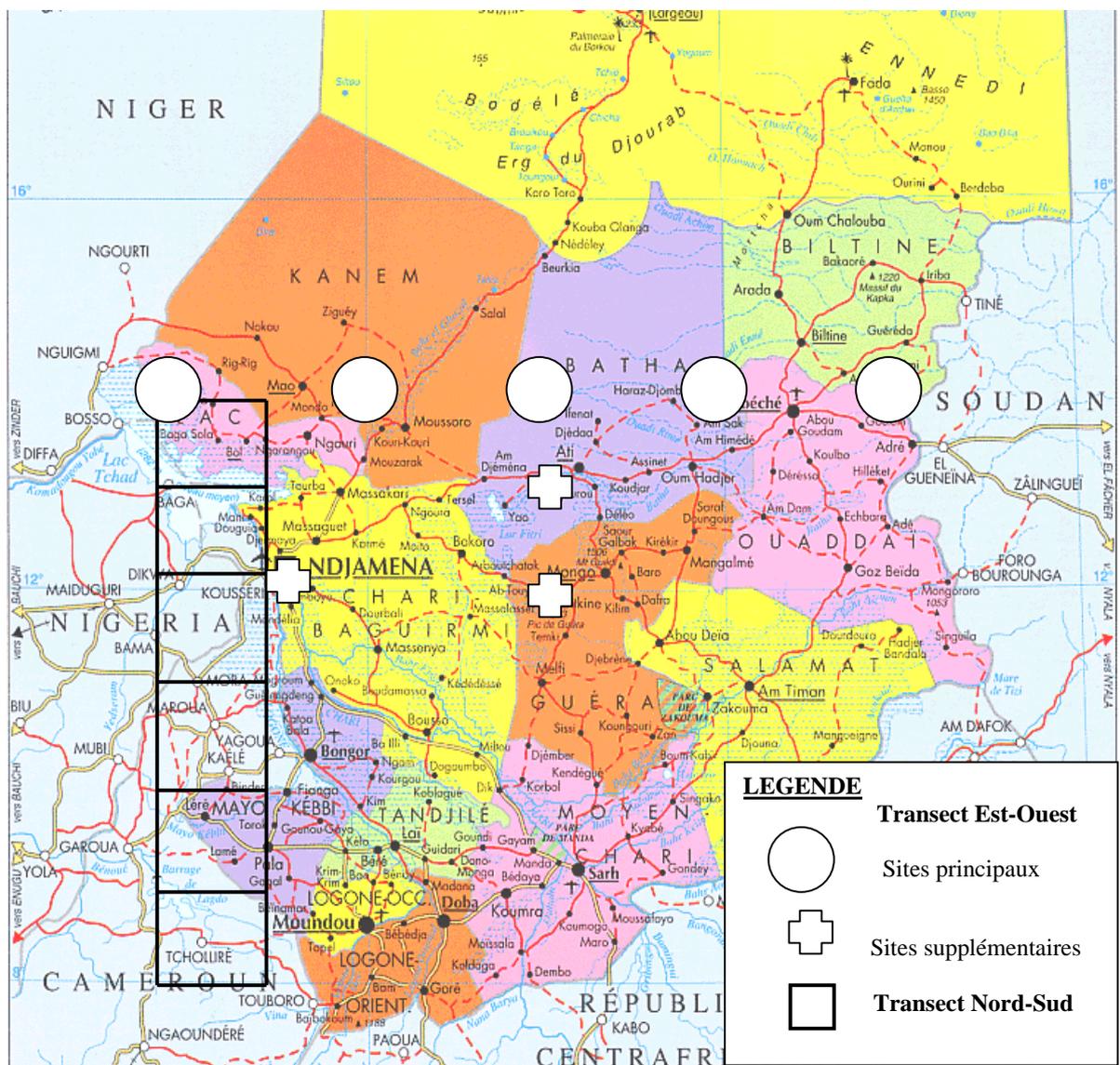
Les gouttes épaisses directes réalisées de la souris au moment des autopsies de rongeurs sont lues au laboratoire. 200 champs microscopiques sont systématiquement parcourus pour confirmer ou infirmer la présence de borrélioses. Compte tenu de la sensibilité relativement faible de cette méthode de diagnostic, chaque échantillon de sang et de cerveau conservé en azote liquide est inoculé par injection intra-péritonéale à deux souris blanches Swiss. Cet animal est en effet particulièrement sensible à *B. crocidurae*. La technique d'inoculation permet de réamplifier la borreliémie si elle existe. Compte tenu du tropisme préférentiel de *B. crocidurae* pour le système nerveux central chez les hôtes réservoirs, l'inoculation de broyat de cerveau reste la méthode diagnostique la plus sensible (Diatta *et al.* 1994). Une goutte épaisse est ensuite pratiquée à J3, J6 et J10 pour chaque souris inoculée par section du bout de la queue, afin de contrôler l'apparition de borrélioses dans le sang. La positivité est généralement confirmée dès J3 et/ou à J2 dans certains cas selon la richesse de l'inoculum. Les prélèvements du sang des souris inoculées ainsi collecté par la section du bout de la queue permettent d'estimer le taux de borrélioses dans le sang. Lorsque les *Borrelia* sont suffisamment nombreuses, la souris positive est sacrifiée et un prélèvement sanguin par ponction intracardiaque est réalisé. Une partie du prélèvement est conservée en collection en azote liquide dans des cryotubes contenant du glycérol à 20 ou 30% du volume de sang prélevé; l'autre partie traitée suivant les mêmes modalités est destinée à l'analyse génétique des borrélioses (extraction d'ADN puis typage génétique des souches présentes).

RESULTATS DES ENQUETES

II.1. Résultats d'échantillonnage

Le programme proposé a été réalisé selon les modalités prévues, ceci tant au Tchad qu'au Cameroun.

Figure 2 : Sites d'échantillonnage des transects Est-Ouest et Nord-Sud au Cameroun et au Tchad



Le long du transect Est-Ouest traversant le Tchad, une recherche de la tique vectrice de la borréliose dans les terriers de rongeurs a été effectuée à chaque intersection du 14^{ème} parallèle avec les 14^{ème}, 16^{ème}, 18^{ème}, 20^{ème} et 22^{ème} méridiens (Figure 2). Lors de chacune de ces enquêtes (sauf à l'intersection du 14^{ème} parallèle et du 14^{ème} méridien), un piégeage systématique de rongeurs (100 nuits-pièges par localité) a été réalisé.

Selon le transect Nord-Sud, au Tchad et au Cameroun, une recherche de la tique vectrice ainsi que des captures de rongeurs ont été réalisées entre le 14^{ème} et le 15^{ème} méridien, à chaque degré de latitude entre le 8^{ème} et le 14^{ème} parallèle (Figure 2).

Résultats de l'enquête en transect Est-Ouest

❖ Intersection 14°N x 14°E :

Environs de Rig-Rig, Tchad

Lieu-dit Dile Tchiloumdom (14°01' N, 14°09' E), immédiatement au nord du lac Tchad, en zone autrefois lacustre, à une quarantaine de kilomètres au sud-ouest du village de Rig-Rig. Date d'échantillonnage : 19 février 2003.

- 60 terriers de rongeurs, tous situés en milieu naturel (dunes et bas-fond argileux), sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*. En revanche, 2 *Ornithodoros savignyi* ont été récoltées dans des débris végétaux sous un *Acacia nilotica*.
- Pas de piégeage de rongeurs effectué.

❖ Intersection 14°N x 16°E :

Environs de Mao, Tchad

Village de Méchiméré et ses environs immédiats (13°49' N, 15°44' E), dans le Kanem, à une cinquantaine de kilomètres au nord-est de Ngouri. Date d'échantillonnage : du 15 au 17 janvier 2003.

- 60 terriers de rongeurs (habitations = 13, milieu naturel = 27, cultures = 20) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.
- Aucune capture de rongeurs lors de 100 nuits-pièges effectuées en milieu naturel. Appât utilisé : oignons.

❖ **Intersection 14°N x 18°E :**

Environs de Djedaa, Tchad

Oued Rimé et dunes environnantes à l'intersection du 14^{ème} parallèle et du 18^{ème} méridien (14°01' N, 18°01' E), dans la région de Djedaa, à 80 kilomètres environ au nord-ouest d'Ifenat.

Date d'échantillonnage : du 23 au 24 janvier 2003.

- 60 terriers de rongeurs, tous situés en milieu naturel, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*
- Aucune capture de rongeurs lors de 100 nuits-pièges effectuées en milieu naturel.
Appât utilisé : oignons.

❖ **Intersection 14°N x 20°E :**

Environs d'Abéché, Tchad

Environs d'Al Miamine (13°46' N, 19°44' E), dans la région d'Abéché, à 15 kilomètres environ au nord-est d'Am Sak. Date d'échantillonnage : du 21 au 22 janvier 2003.

- 60 terriers de rongeurs, tous situés en milieu naturel ou d'anciennes zones de cultures, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*
- Aucune capture de rongeurs lors de 100 nuits-pièges effectuées en milieu naturel.
Appât utilisé : oignons.

❖ **Intersection 14°N x 22°N :**

Environs d'Adré, Tchad

Village de Sounoute, anciennement appelé Saguéré, et ses environs immédiats (14°09' N, 21°50' E), dans la région d'Adré, à 50 kilomètres environ au sud-est d'Am Zoer. Date d'échantillonnage : du 19 au 20 janvier 2003.

- 60 terriers de rongeurs examinés (habitations = 33, cultures = 27) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*
- Une seule capture d'*Atelerix albiventris* (hérisson) pour 100 nuits-pièges, soit un rendement de 1%.

Résultats de l'enquête en transect Nord-Sud

❖ Entre le 13^{ème} et le 12^{ème} parallèle :

Environs de Kousséri, Cameroun.

Villages de Yik (12°30' N, 14°35' E) et de Abouki II (12°30' N, 14°36' E). Date d'échantillonnage : du 5 au 7 février 2003.

- 45 terriers de rongeurs examinés (habitations = 15 à Yik et 8 à Abouki II, cultures et milieu naturel de Yik = 22) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.

Village de Doungara I (12°25' N, 14°52' E) au bord du fleuve le Chari. Date d'échantillonnage : 6 février 2003.

- 15 terriers de rongeurs, examinés en milieu naturel le long du Chari, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.

Dans cette zone, une série de capture de rongeurs a été organisée du 4 au 6 février à Yik et à Abouki II et a comporté des piégeages dans les habitations, les cultures et les friches avoisinantes. 34 rongeurs et 6 insectivores ont été capturés pour 263 nuits-pièges, soit un rendement de 15% (nombre de capture / nombre de nuits-pièges). Il s'agit de :

- Pas d'animaux capturés à Yik dans les habitations pour dix-huit nuits-pièges.
- 7 animaux capturés à Abouki 2 dans les habitations pour dix-huit nuits-pièges, soit un rendement de 39%.

4 *Crocidura sp* (musaraigne, ordre des Insectivores).

3 *Mastomys natalensis*

- 33 animaux capturés dans les friches avoisinantes pour 227 nuits-pièges, soit un rendement de piègeage de 14,5%.

13 *Tatera sp* (dont *T. kempi* et *T. robusta* trouvés par étude chromosomique)

4 *Mastomys kollmanspergeri*

7 *Mastomys sp* (*kollmanspergeri* ou *huberti*, à vérifier par analyse ADN)

7 *Taterillus lacustris*

2 *Atelerix albiventris* (hérisson à ventre blanc, ordre des Insectivores)

Au cours d'une sortie nocturne, 5 *Desmodilliscus braueri* ont été capturés à la main.

❖ Entre le 12^{ème} et le 11^{ème} parallèle :

Environs de Mora, Cameroun

Village de Madjina (11°09' N, 14°22' E). Date d'échantillonnage : 1^{er} février 2003.

- 6 terriers de rongeurs, examinés en milieu naturel et dans les cultures, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.

Village de Kossa (11°07' N, 14°19' E). Date d'échantillonnage : 2 février 2003.

- 42 terriers de rongeurs examinés (habitations = 27, milieu naturel = 15) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.

Village de Kaldjé, près de Kossa (11°07' N, 14°19' E). Date d'échantillonnage : 3 février 2003.

- 12 terriers de rongeurs, examinés en milieu naturel et dans les cultures, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.

Village de Mogognyé, au sud de Kaldjé (11°05' N, 14°21' E). Date d'échantillonnage : 3 février 2003.

- 19 terriers de rongeurs, examinés en milieu naturel, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*.

Une série de capture de rongeurs a été effectuée du 1^{er} au 3 février 2003 dans cette zone et a comporté des piégeages à Kossa dans les habitations, les cultures de Madjina et Kaldjé et en milieu naturel. 75 rongeurs et 1 insectivore ont été capturés pour 338 nuits-pièges, soit un rendement de capture de 22%. Il s'agit de :

- 17 animaux capturés à l'intérieur des habitations de Kossa pour 37 nuits-pièges, soit un rendement de 46%

6 *Arvicanthis sp* (*A. niloticus* et/ou *A. ansorgei*, étude en cours)

8 *Mastomys erythroleucus*

3 *Mastomys natalensis*

- 37 animaux capturés dans les cultures pour 165 nuits-pièges, soit un rendement de piégeage de 22 %

21 *Arvicanthis sp* (*A. niloticus* et/ou *A. ansorgei*, étude en cours)

8 *Tatera sp* (*T. robusta* et/ou *T. kempi*, étude en cours)

2 *Mastomys erythroleucus*

3 *Lemniscomys zebra*

3 *Xerus erythropus*

- 22 animaux capturés en milieu naturel pour 136 nuits-pièges, soit un rendement de capture de 16%.

16 *Tatera sp* (*T. robusta* et/ou *T. kempi*, étude en cours)

5 *Taterillus sp* (probablement *T. lacustris* ou *T. gracilis*, étude en cours)

1 *Atelerix albiventris*

❖ Entre le 11^{ème} et le 10^{ème} parallèle :

Environs de Maroua, Cameroun

Village de Mogom (10°30' N, 14°25' E). Date d'échantillonnage : du 29 au 30 janvier 2003.

- 64 terriers de rongeurs examinés (habitations = 30, cultures = 28, milieu naturel = 6) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

Village de Dir (10°20' N, 14°27' E). Date d'échantillonnage : 30 janvier 2003

- 15 terriers de rongeurs, examinés en zone de cultures, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

Dans cette zone, une série de capture de rongeurs a été organisée du 29 au 31 janvier 2003 à Mogom et a comporté des piégeages dans les habitations, les cultures. 47 rongeurs et 8 insectivores ont été capturés pour 313 nuits-pièges, soit un rendement de piégeage de 17,5%. Il s'agit de :

- 12 animaux capturés dans les habitations de Mogom pour 42 nuits-pièges, soit un rendement de 28,5%.

8 *Crocidura sp*

3 *Mastomys natalensis*

1 *Arvicanthis sp* (*A. niloticus* et/ou *A. ansorgei*, étude en cours)

- 43 animaux capturés dans les cultures pour 271 nuits-pièges, soit un rendement 16%.

2 *Crocidura sp*

14 *Arvicanthis sp* (*A. niloticus* et/ou *A. ansorgei*, étude en cours)

12 *Mastomys erythroleucus*

15 *Mastomys kollmanspergeri*

Lors d'une sortie nocturne 2 *Desmodilliscus braueri* et 1 *Mastomys kollmanspergeri* ont été capturés à la main.

❖ **Entre le 10^{ème} et le 9^{ème} parallèle : Environs de Pala, Tchad**

Village de Doué (09°16' N, 14°41' E). Date d'échantillonnage : du 8 au 9 février 2003.

- 43 terriers de rongeurs examinés (habitations = 30, cultures = 13) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

Village de Somessi (09°15' N, 14°42' E). Date d'échantillonnage : 10 février 2003.

- 17 terriers de rongeurs, examinés dans les cultures autour du village, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

Une série de piègeage de rongeurs a été effectuée du 8 au 10 février 2003 à Doué et a comporté des captures à l'intérieur des habitations, dans les bas fonds et les cultures. 49 rongeurs et 1 insectivore ont été capturés pour 338 nuits-pièges, soit un rendement de capture de 14%. Il s'agit de :

- 3 animaux capturés dans les habitations pour 40 nuits-pièges, soit un rendement de 7,5%.

2 *Mastomys natalensis*

1 *Crocidura sp*

- 47 animaux capturés dans les cultures et les bas fonds pour 298 nuits-pièges, soit un rendement de capture de 16%.

29 *Mastomys erythroleucus*

16 *Mastomys kollmanspergeri*

1 *Tatera sp*

1 *Uranomys ruddi*

Pendant les opérations d'aspiration, 2 *Mastomys sp* juveniles, probablement *M. natalensis*, ont été capturés.

❖ Entre le 9^{ème} et le 8^{ème} parallèle :

Environs de Tcholliré, Cameroun

Village de Diéra (8°31' N, 13°30' E). Date d'échantillonnage : 12 février 2003.

- 60 terriers de rongeurs examinés (habitations = 30, milieu naturel et cultures = 30) sont négatifs pour la tique ornithodore *A.sonrai*

Dans cette zone, une série de capture de rongeurs a été organisée du 11 au 12 février 2003 et a comporté des piègeages dans les habitations de Diéra, les cultures et en milieu naturel. 28 rongeurs ont été capturés pour 195 nuits-pièges, soit un rendement de piègeage de 14%. Il s'agit de :

- 15 animaux capturés à l'intérieur des habitations pour 64 nuits-pièges, soit un rendement de 23%

14 *Mastomys natalensis*

1 *Rattus rattus*

- 13 animaux capturés dans les cultures et en milieu naturel pour 131 nuits-pièges, soit un rendement de capture de 10%.

7 *Lemniscomys zebra*

2 *Arvicanthis sp3* (espèce nouvelle non encore décrite, Volobev *et al* 2002)

2 *Mastomys kollmanspergeri*

2 *Taterillus congicus*

Résultats des enquêtes complémentaires menées au Tchad

❖ Intersection 12°N x 15°E : **Environs de Ndjaména, Tchad**

La présence d'*A. sonrai* à Ndjaména a été mentionnée par Morel en 1965. Afin de confirmer sa présence, une enquête a été réalisée dans un quartier périphérique de la ville et dans un village proche de Ndjaména.

Rive droite du fleuve Chari à Ndjaména (12°05' N, 15°06' E). Date d'échantillonnage : 16 février 2003.

- 30 terriers de rongeurs examinés en zone de culture le long du fleuve, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

Village de Toukra-Arabe au sud-ouest de Ndjaména (12°01' N, 15°06' E). Date d'échantillonnage : 17 février 2003.

- 33 terriers de rongeurs examinés (habitations = 20, milieu naturel et cultures = 13) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

❖ Intersection 13°N x 18°E : **Environs d'Ati, Tchad**

Zone de savane (13°00' N, 18°06' E) à 35 kilomètres environ au sud-ouest d'Ati. Date d'échantillonnage : 24 janvier 2003.

- 15 terriers de rongeurs, examinés en milieu naturel, sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*

❖ Intersection 12°N x 18°E : **Environs de Bitkine, Tchad**

Village de Mataya (11°59' N, 18°02' E) à 50 kilomètres environ à l'ouest de Bitkine. Date d'échantillonnage : du 25 au 26 janvier 2003.

- 20 terriers de rongeurs examinés (habitations = 18, milieu naturel = 2) sont négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*. Un rongeur, *Mastomys sp.* (probablement *M. natalensis*) a été capturé dans une case visitée.

Bilan des enquêtes de terrain

Au total 736 terriers ont été étudiés, dont 458 au Tchad et 278 au Cameroun. Tous étaient négatifs pour la tique ornithodore *A. sonrai*, le seul vecteur connu de la borréliose à *B. crocidurae* (Tableau 1). Il est à noter que *A. sonrai* a pourtant été signalé à Ndjaména par Morel (1965). En revanche, de nombreux acariens, puces et tiques ixodidés appartenant à différentes espèces ont été collectés dans les terriers au Cameroun et au Tchad.

Tableau 1 : Bilan des examens de terriers pour la recherche de la tique *Alectorobius sonrai* au Tchad et au Cameroun en janvier et février 2003.

	Localisation	Pays	Localité proche	Nombre de terriers examinés	Présence d' <i>A. sonrai</i>
Transect Est-Ouest	14°Nx14°E	Tchad	Rig-Rig	60	0
	14°Nx16°E	Tchad	Mao	60	0
	14°Nx18°E	Tchad	Djedaa	60	0
	14°Nx20°E	Tchad	Abéché	60	0
	14°Nx22°E	Tchad	Adré	60	0
Transect Nord-Sud (entre le 14 ^{ème} et le 15 ^{ème} méridien Est)	12° 30'N	Cameroun	Kousseri	60	0
	11° 07'N	Cameroun	Mora	79	0
	10° 30'N	Cameroun	Maroua	79	0
	09° 16'N	Tchad	Pala	60	0
	08° 31'N	Cameroun	Tcholliré	60	0
Enquêtes complémentaires	13°Nx18°E	Tchad	Ati	15	0
	12°Nx18°E	Tchad	Bitkine	20	0
	12°Nx15°E	Tchad	Ndjaména	63	0
Total	9 sites au Tchad et 4 sites au Cameroun			736	0

Sur le transect Nord-Sud, 260 micromammifères ont été capturés, dont 249 par piégeage et 11 par capture manuelle. Sur ce total, 198 ont été capturés au Cameroun et 51 au Tchad. Lors du

transect Est-Ouest au Tchad, seulement 3 micromammifères ont été capturés, dont un seul par piégeage.

Les 16 espèces suivantes ont été capturées :

Rongeurs

1) Murinae

- *Mastomys erythroleucus*
- *Mastomys kollmanspergeri*
- *Mastomys natalensis*
- *Mastomys* sp
- *Arvicanthis niloticus* et/ou *A. ansorgei*
- *Arvicanthis* sp 3
- *Rattus rattus*
- *Lemniscomys zebra*
- *Desmodilliscus braueri*

2) Gerbillinae

- *Tatera kempi*
- *Tatera robusta*
- *Taterillus lacustris*
- *Taterillus congicus*

3) Sciuridae

- *Xerus erythropus*

Insectivores

1) Erinaceidae

- *Atelerix albiventris*

2) Soricidae

- *Crocidura* sp

II.2. Résultats des analyses de laboratoire

Sur 260 petits mammifères capturés, 232 ont été examinés pour la recherche de *Borrelia* par au moins une des deux méthodes de diagnostic utilisées, l'examen direct d'une goutte épaisse du sang de l'animal (environ 0,5 ul de sang examiné) et l'inoculation d'un broyat de cerveau à la souris blanche (Tableau 2). La méthode d'inoculation de sang n'a pas été utilisée conjointement à celle de l'inoculation d'un broyat de cerveau en raison de la sensibilité plus élevée de cette dernière dans le dépistage des *Borrelia* chez les petits rongeurs (Diatta *et al.*, 1994). Des gouttes épaisses ont été réalisées chez 223 micromammifères et leur lecture n'a pas permis de mettre en évidence la présence de *Borrelia crocidurae*. L'inoculation d'un broyat de cerveau à la souris blanche a aussi été négative chez 232 animaux suivis pendant 10 jours après l'inoculation.

Tableau 2 : Méthodes de recherche des *Borrelia* et effectif des animaux examinés

Espèces capturées	Total animaux examinés		Total animaux positifs			
	G.E directe	Cerveau	Goutte épaisse directe	Inoculation broyat cerveau		
				J3	J6	J10
<i>Mastomys erythroleucus</i>	51	50	0	0	0	0
<i>Mastomys natalensis</i>	25	25	0	0	0	0
<i>Mastomys kollmanspergeri</i>	38	38	0	0	0	0
<i>Mastomys sp</i>	4	3	0	0	0	0
<i>Arvicanthis sp</i>	36	40	0	0	0	0
<i>Tatera sp</i>	33	35	0	0	0	0
<i>Taterillus congicus</i>	2	2	0	0	0	0
<i>Taterillus sp</i>	1	2	0	0	0	0
<i>Taterillus lacustris</i>	2	5	0	0	0	0
<i>Lemniscomys zebra</i>	8	8	0	0	0	0
<i>Desmodilliscus braueri</i>	7	7	0	0	0	0
<i>Rattus rattus</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Xerus erythropus</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Crocidura sp</i>	14	15	0	0	0	0
Total	223	232	0	0	0	0

III. CONCLUSIONS

La présence de la borréliose à tiques à *B. crocidurae* n'a pas été confirmée au Tchad ni au Cameroun. *Alectorobius sonrai*, seul vecteur connu de la borréliose à *B. crocidurae*, n'a pas été trouvé lors de l'examen de 736 terriers. De même, l'analyse du sang et du cerveau de 232 rongeurs ou insectivores capturés lors de 1847 nuits-pièges n'a pas permis de mettre en évidence *B. crocidurae*.

Alors que la présence d'*A. sonrai* avait été mentionnée à Ndjaména par Morel (1965), nos résultats suggèrent que si la borréliose existe au Tchad ou au Cameroun, elle a probablement dans ces deux pays une incidence faible et/ou une distribution différente de celle que nous avons étudiée.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport remercient très vivement les chefs de villages, les personnels des postes de santé des zones d'études, ainsi que les personnes suivantes pour l'aide apportée à la réalisation de ce travail :

Dr. Younous (Ministère de la Santé Publique, Ndjaména)
Dr. Abdelkarim (Ministère de la Santé Publique, Ndjaména)
Dr. Amoula (Ministère de la Santé Publique, Ndjaména)
Dr. Bureau (Ministère de la Santé Publique, Ndjaména)
Dr. Moulia-Pelat (Ministère de la Santé Publique, Ndjaména)
Mme Moulia-Pelat (Ndjaména)
Pr. Moyou (Ministère de la Recherche, Yaoundé)
Pr. Bilongo Manene (OCEAC, Yaoundé)
Dr. Rivière (IRD, Yaoundé)
Dr. Simard (IRD/OCEAC, Yaoundé)
Dr. Truc (IRD/OCEAC, Yaoundé)
Mme Trape (Dakar)
Dr. Rogier (IMTSSA, Marseille)

BIBLIOGRAPHIE

Ba EH. Epidémiologie clinique de la Borréliose à tiques dans une zone rurale du Sénégal. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur. Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 2001, 58 p.

Bergeret C., Raoult A. Notes sur les formes nerveuses de la fièvre récurrente à tiques en Afrique Occidentale Française. *Bull Med AOF* 1948, 5 :271-283.

Boiron H. Considérations sur la fièvre récurrente à tiques au Sénégal. L'importance du rat comme réservoir de virus. *Bull Soc Path Ex* 1949 ; 42 : 62-70.

Charmot G, Rodhain F, Dupont B, Sansonetti P, Lapresle C. Meningo-encéphalite chez un rapatrié du Sénégal. Pensez à une borréliose. *Presse Med* 1986; 15 : 979.

Diatta G. Etude Epidémiologique de la Borréliose dans deux régions du Sénégal. Mémoire de DEA de Biologie Animale. Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar, 1992, 82 p.

Diatta G, Trape JF, Legros F, Rogier C, Duplantier JM. A comparative study of three methods of detection of *Borrelia crocidurae* in wild rodents in Senegal. *Trans Roy Soc Trop Med Hyg* 1994 ; 88 : 423-424.

Godeluck B, Duplantier JM, Ba K, Trape JF. A longitudinal survey of *Borrelia crocidurae* prevalence in rodents and insectivores in Senegal. *Am J Trop Med Hyg* 1994 ; 50 : 165-168.

Gonnet C. Complications méningées et oculaires de la fièvre récurrente africaine. *Med Trop* 1942 ; 2 : 895-902.

Goubau PF. Relapsing fevers. A review. *Ann Soc Belge Med Trop* 1984 ; 64: 335-364 .

Lecompte Y, Trape JF. La fièvre récurrente à tiques d'Afrique de l'Ouest. *Ann Biol Clin* 2003 ; 61 : 541-548.

Mathis C, Durieux C, Advier M. Transmission naturelle et expérimentale à l'homme du spirochète infectant dans la nature, à Dakar, la tique: *Ornithodoros erraticus* var. *maroccanus*. *Ann Inst Pasteur* 1934 ; 52 : 166-178.

Mathis C. La spirochétose récurrente à tiques au Sénégal. In: *L'œuvre des Pastoriens en Afrique Noire (Afrique Occidentale Française)*. Paris: Presses Universitaire de France, 1948.

Morel PCC. Les tiques d'Afrique et du Bassin méditerranéen. Maisons-Alfort: IEMVT, 1965.

Rodhain F. Borrelia et fièvres récurrentes: aspect épidémiologiques actuels. *Bull Inst Pasteur* 1976 ; 74 : 173-218.

Trape JF, Duplantier JM, Bouganali H, Godeluck B, Legros F, Cornet JP, Camicas J. Tick-borne borreliosis in West Africa. *Lancet* 1991; 337 : 473-475.

Trape JF, Godeluck B, Diatta G, Rogier C, Legros F, Albergel J, Pépin Y, Duplantier JM. The spread of tick-borne borreliosis in West Africa and its relation to Subsaharan drought. *Am J Trop Med Hyg* 1996a, 54: 289-296.

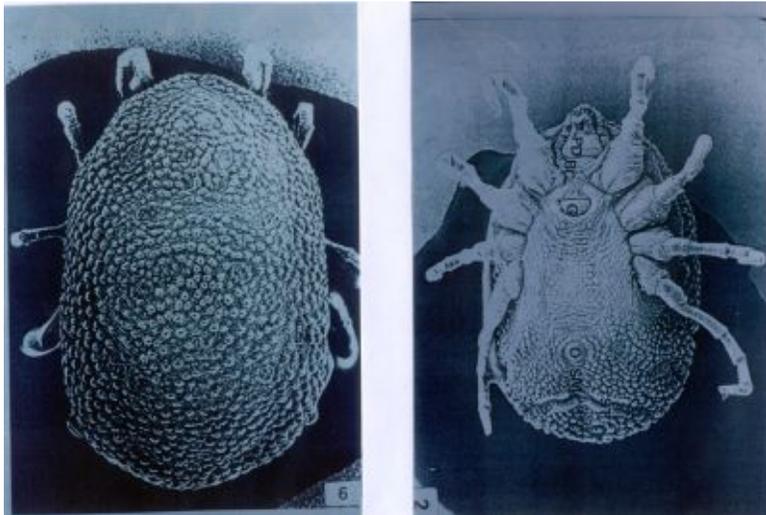
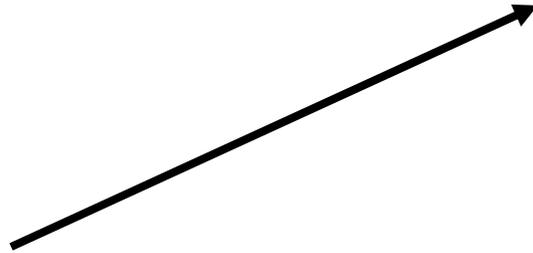
Trape JF, Godeluck B, Diatta G, Rogier C, Legros F, Albergel J, Pépin Y, Duplantier JM. Tick-borne borreliosis in West Africa: recent epidemiological studies. *Ann Acad Med Bialostociensis* 1996b ; 41 : 136 - 141.

Trape JF. Changements climatiques et maladies infectieuses : le cas du paludisme et de la borreliose à tiques. *Med Mal Infect* 1999, 29 : 296-300.

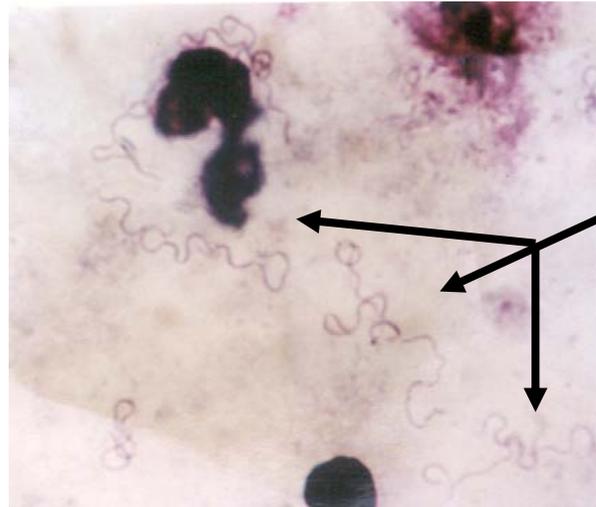
ANNEXE 1

Présentation du cycle de la borréliose

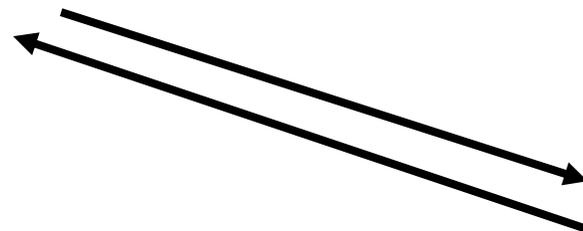
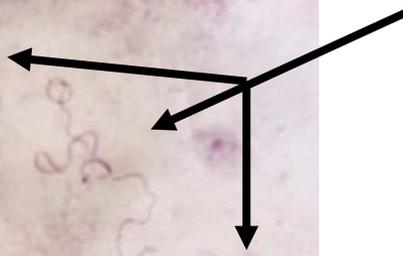
Hôte accidentel :
l'homme



Le vecteur : la tique ornithodore
Alectorobius sonrai



L'agent pathogène : le
spirochète *Borrelia crociduræ*
(dans le sang d'une personne ou
d'un animal infecté)



Le réservoir animal :
rongeurs et insectivores



ANNEXE 2. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (1) Traversée du Mali



Première nuit : campement aux chutes de Gouina (7 décembre 2002)



La piste entre Gouina et Bafoulabé



Franchissement du Bafing à Mahina par le pont de la voie ferrée



Deuxième nuit : campement après Bamako (8 décembre 2002)

ANNEXE 3. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (2) Traversée du Burkina Faso



Troisième nuit : campement au bord du Mouhoun (9 décembre 2002)



Mosquée entre Dédougou et Koudougou



Cases entre Dégoudou et Koudougou



Greniers entre Dégoudou et Koudougou

ANNEXE 4. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (3) Traversée du Niger



Quatrième nuit : campement à la sortie de Niamey (10 décembre 2002)



Greniers à mil dans les environs de Maradi



Cases de nomades dans les environs de Maradi



Cinquième nuit : campement près de Zinder (11 décembre 2002)

ANNEXE 5. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (4) Traversée du Niger (suite)



Sixième nuit : campement avant Nguigmi (12 décembre 2002)



Réveil (Christophe Rogier).



Arrivée à Nguigmi



Le lac Tchad à sec, ancienne rive côté Niger

ANNEXE 6. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (5) Contournement du lac Tchad



Nord du lac Tchad, vers la frontière Niger-Tchad



Premier ensablement



Septième nuit : campement vers Liwa (13 décembre 2002)



La piste entre Liwa et Bol

ANNEXE 7. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (6) Contournement du lac Tchad (suite)



Premières cassures dans la fixation de la galerie



Essais de réparation



Déchargement après échec des réparations (Jean-François Trape).



L'abandon de la galerie

ANNEXE 8. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (7) Arrivée à Ndjaména



Contact par téléphone satellite



Huitième nuit : campement chez Mme Moulia-Pelat (14 décembre 2002)

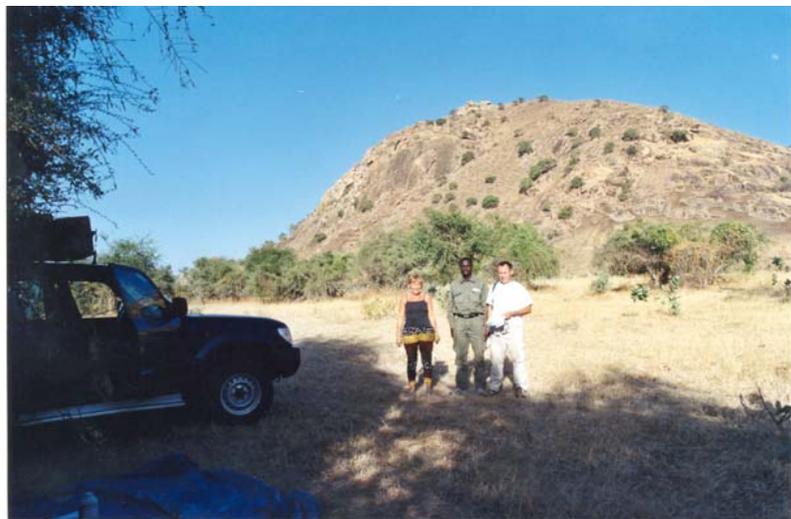


Aperçu de la ville de Ndjaména



Départ de Ndjaména : le Chari à la frontière du Tchad et du Cameroun

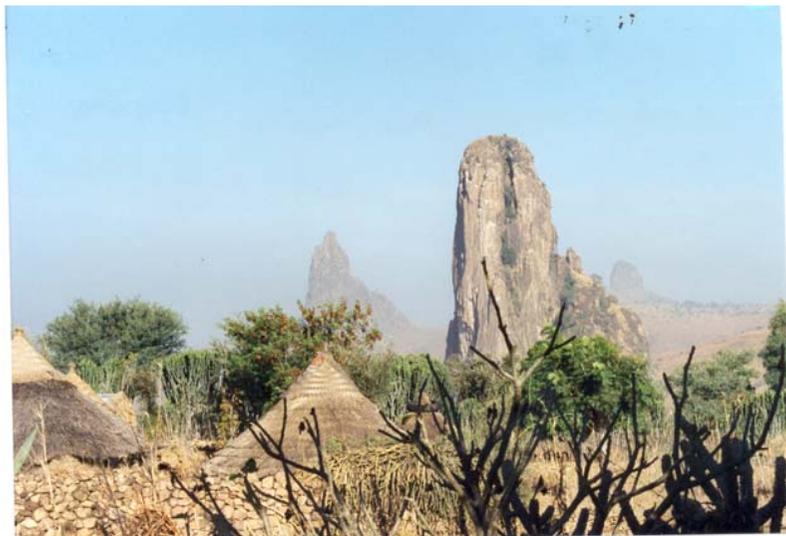
ANNEXE 9. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (8) Traversée du Cameroun



Pause déjeuner à Waza



Neuvième nuit : campement près de Mokolo (15 décembre 2002)



Kapsiki



Dixième nuit : campement en bordure du parc de la Bénoué (16 décembre 2002)

ANNEXE 10. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (9) Traversée du Cameroun (suite)



Baignade dans le Lom



Toilette dans le Lom



La forêt dans les environs de Bertoua



Onzième nuit : campement après Bertoua (17 décembre 2002)

ANNEXE 11. Transfert des véhicules et du matériel de Dakar à Yaoundé : (10) La dernière étape



L'étape la plus dangereuse : Bertoua - Yaoundé



Dépassement d'un grumier



L'arrivée à l'O.C.E.A.C. à Yaoundé (C. Rogier, G. Diatta, M. Trape, J.F. Trape)



La deuxième nuit : case de passage de l'IRD à Yaoundé (18 décembre 2002)

ANNEXE 12. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (1) de Yaoundé au Tchad



La traversée de la Sanaga, 10 janvier 2003



Campement vers Yoko (10 janvier 2003)



Campement dans la forêt de Boki (11 janvier 2003)



Campement près de Kousséri (12 janvier 2003) : souvenirs d'éléphants visiteurs nocturnes

ANNEXE 13. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (2) Vers le site 14°N / 16°E (Tchad)



Campement dans les environs de Massakori (14 janvier 2003)



Paysage des environs de Kouri-Kouri



Nouvelle crevaison



Piste vers Méchiméré

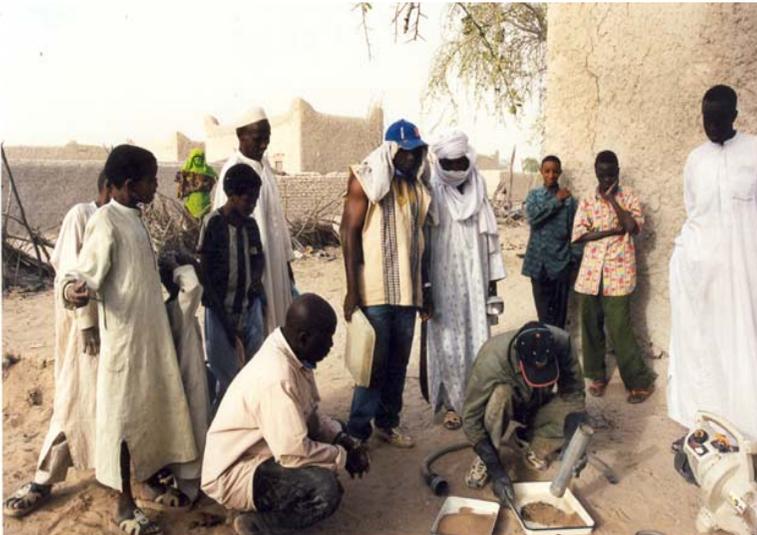
ANNEXE 14. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (3) Le site 14°N / 16°E (Tchad, 15-16 janvier 2003)



Aspiration d'un terrier en milieu naturel dans les environs de Méchiméré



Recherche de tiques dans la litière du terrier



Examen de la litière d'un terrier dans le village de Méchiméré



Repos mérité (Georges Diatta)

ANNEXE 15. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (4) En route vers l'Est du Tchad



Le marché aux chameaux de Moussoro



Obus sur la piste près d'Ati



Pause déjeuner près d'Oum Hadjer. De gauche à droite : Georges Diatta, Peka Mallaye, Jean-François Trape et Parfait Awono-Ambeme. Derrière l'objectif : Laurence Vial



Vers Abéché

ANNEXE 16. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (5) Le site 14°N / 22°E (Tchad, 19-20 janvier 2003)



Echantillonnage dans le village de Sounoute - Willicouré



Retrait du tamis avant examen de la litière



Echantillonnage en zone de cultures près de Sounoute - Willicouré



Appâtage des pièges BTS à Sounoute - Willicouré

ANNEXE 17. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (6) Portraits d'enfants de Sounoute -Willicouré



Les trois copines



Complicités



La grande sœur et sa cadette



Jeune garçon

ANNEXE 18. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (7) Vers le site 14°N / 20°E



Autour d'un puits



Cavaliers arabes



Gazelles dorcas



Caravane en marche

ANNEXE 19. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (8) Le site 14°N / 20°E (Tchad, 21-22 janvier 2003)



Echantillonnage d'un terrier en milieu naturel dans les environs d'Al Miamine



Vue générale d'une zone de cultures des environs d'Al Miamine



Campement nomade au site 14°N / 20°E



Greniers

ANNEXE 20. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (9) Vers le site 14°N / 18°E



Orientation au GPS



Rencontre nocturne d'une gazelle dorcas



Campement à 13°47'N / 18°35'E



Arrivée au point 14°00'N, 18°00'E

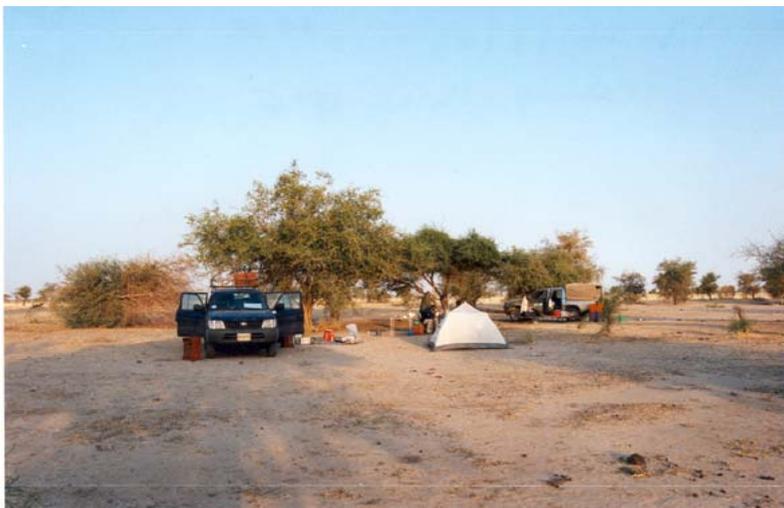
ANNEXE 21. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (10) Le site 14°N / 18°E (Tchad, 23 janvier 2003)



Les habitants du site



Bas fond argileux d'un oued



Aperçu du campement



Echantillonnage

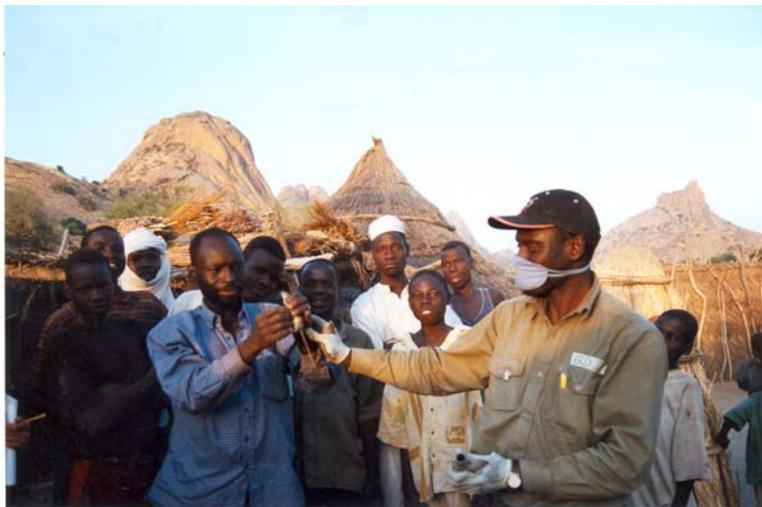
**ANNEXE 22. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (11) les sites 13°N / 18°E et 12°N / 18°E
(Tchad, 24-25 janvier 2003)**



Aperçu du site 13°N / 18°E au Sud-Ouest d'Ati



Recherche des tiques au site 12°N / 18°E (village de Mataya, près de Bitkine)

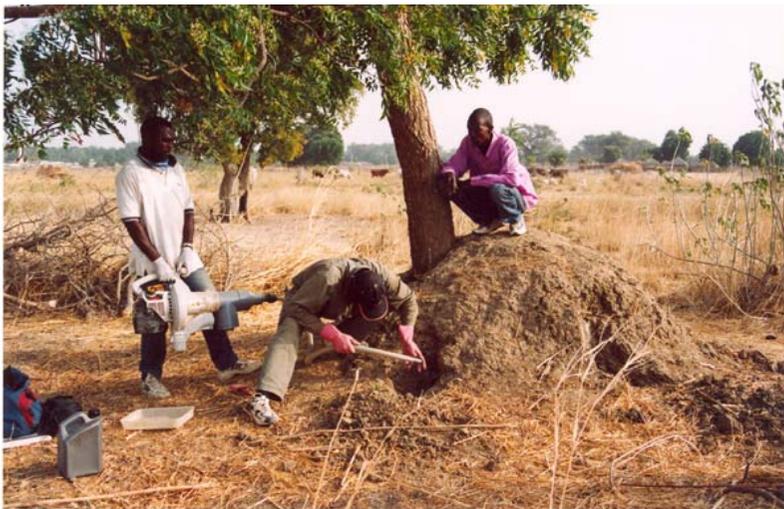


Capture d'un rongeur dans le village de Mataya



Campement près de Mataya

**ANNEXE 23 : Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (14) le site 10°30'N / 14°25'E
(environs de Maroua, Cameroun 29-30 janvier 2003)**



Terrier en milieu naturel dans les environs du village de Mogom



Vue d'une zone de maraîchage dans les environs du village de Mogom



Aperçu des habitations du village de Mogom



Milieu naturel dans les environs du village de Mogom

**ANNEXE 24. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (13) le site 11°07'N / 14°19' E
(environs de Mora. Cameroun 1-3 février 2003)**



Vue du campement près de Waza



Girafe dans un bas fond humide



Savane herbeuse



Hippotrague en savane arborée

**ANNEXE 25. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (12) le site 12°30'N / 14°35'E
(environs de Kousséri, Cameroun, 5-7 février 2003)**



Aperçu des habitations du village de Yik



Savane arbustive dans les environs du village de Yik



Milieu naturel dans les environs du village de Yik



Bas fond asséché dans les environs du village de Yik

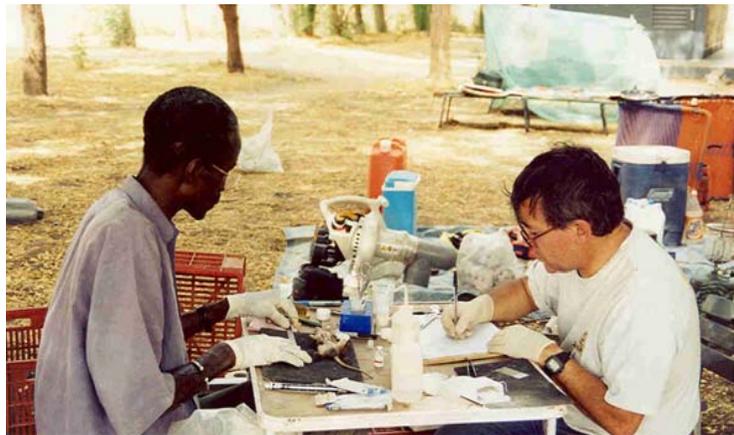
**ANNEXE 26. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (14) le site 09°16'N / 14°41'E
(environs de Pala, Tchad, 8-10 février 2003)**



Vue générale d'une zone de cultures dans les environs du village de Doué



Terrier dans une friche des environs de Somessi



Dissection des rongeurs (Khalilou Ba et J.M. Duplantier)

**ANNEXE 27. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (14) le site 08°31'N / 13°30'E
(environs de Tcholliré, Cameroun, 11-12 février 2003)**



Aperçu d'une concession de Diéra



Terrier le long d'une digue
en zone de cultures à Diéra

ANNEXE 28 : Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (15) environs de Ndjaména (12°N / 15°E), Tchad. 16-17 février 2003



Aspiration d'un terrier en zone de culture près de Ndjaména



Vue générale du site à la sortie Sud de Ndjaména, près du pont du Chari



Une des maisons examinées à Toukra-Arabe près de Ndjaména



Echantillonnage en zone de cultures à Toukra-Arabe

**ANNEXE 29. Enquêtes au Tchad et au Cameroun : (16) le site 14°N / 14°E
(Tchad. 19-20 février 2003)**



Surchauffe avant d'atteindre le site



Aperçu du campement



Versement de la litière dans le plateau



Vue générale du site

ANNEXE 30. Le retour sur Dakar : la traversée du Niger (21-25 février 2003)



La perte du réservoir de carburant au Niger



Le chargement matinal



Toilette dans le fleuve Niger



La cinquante-septième crevaison

ANNEXE 31. Le retour sur Dakar : la traversée du Mali (26 février- 1^{er} mars 2003)



L'attente du bac de Gao



Vue des monts Hombori



Il tiendra 1500 km en l'état avant d'éclater



Re-fixation du réservoir de carburant