

Eco-épidémiologie du paludisme à Niamey et dans la vallée du fleuve, République du Niger, 1992-1995.

J. Julvez (1), J. Mouchet (2), A. Michault (3), A. Fouta (4) & M. Hamidine (4) (5)

(1) Epidémiologiste, Médecin général de santé publique, Ministère de la santé publique/Mission de coopération, Niamey, Niger. Actuellement, 110, rue de la Folie Méricourt, 75011 Paris, France

(2) Entomologiste médical, Inspecteur général de recherche honoraire de l'ORSTOM, Paris

(3) Biologiste, chef de service, Hôpital de Saint-Pierre, La Réunion, France

(4) Ministère de la santé publique, Programme national de lutte contre le paludisme, Niamey

(5) Manuscrit n° 1816. " Parasitologie ". Accepté le 27 janvier 1997.

Summary: Ecoepidemiology of malaria in the river valley, Republic of Niger

The Niger valley is an original ecosystem in the Sahelian belt. For more than 25 years it has been affected by dryness and rainfall decreased by more than 30 % as compared to the period 1950-1960. Moreover the demography has sharply increased and the capital town Niamey grew by 10 % a year. The Niger valley including Niamey has about 1 million inhabitants.

Three sites have been selected to study the status of malaria and its evolution for the last 30 years: Niamey, Karma 40 km on the N.W. on the river and the nearby fossil valley of Fatay-Karma.

In the sixties the malaria vectors were *An. gambiae*, *An. arabiensis* et *An. funestus*. The last species was no more harvested after 1970 because its breeding places have been destroyed on the combined action of dryness and human activities.

In Niamey, parasite index was very low in the dry season but grew by 5 to 10 times during the rainy season to reach 50 % in certain corners. The highest plasmodic index (PI) were recorded along the river banks where vectors are found all the year long. It decreases in the central part of the city and becomes very low in some peripheral suburban settlements. This situation is quite different of most of the cities of the area where prevalence decrease from outskirts to city centre. The serology confirms these points.

In Karma, along the Niger and despite a perennial transmission, the PI remains low as well as the malaria antibodies, probably because of the self use of antimalarial drugs by the population.

In Fatay-Karma the PI of 23.9 % after the rainy season drops to 6 % in the dry one.

In data prior to 1970 the PI was over 60 %, reaching 89 % in young children of Niamey suburbs. Obviously it has strongly decreased. It is very likely that this is due partly to the disappearance of *An. funestus* after the drought.

Résumé :

La vallée du fleuve Niger constitue un écosystème particulier dans la bande sahélienne. Comme toute cette zone climatique, elle a été victime depuis 1970 de la sécheresse et les précipitations y ont diminué de 10 % par an. A ces aléas climatiques est venu s'ajouter une très forte poussée démographique qui a amené une surexploitation de l'environnement. La vallée compte 1 million d'habitants dont 600 000 à Niamey où la croissance a été de 10 % par an ces deux dernières décennies. Pour étudier l'évolution du paludisme au cours des 30 dernières années et l'état actuel de l'endémie, 3 sites ont été sélectionnés : la capitale Niamey, le village de Karma à 40 km au nord-ouest et la vallée de Fatay-Karma qui lui est attenante. Avant 1970, les vecteurs du paludisme étaient *An. gambiae*, *An. arabiensis* et *An. funestus*. Cette dernière espèce a disparu de la région par suite de la destruction de ses gîtes larvaires sous la double influence de la sécheresse et de l'intensification des cultures.

A Niamey, les indices parasitaires sont très bas, de l'ordre de 5 % en saison sèche. A la fin des pluies ils augmentent de 5 à 10 fois suivant les quartiers, ceux des bords du fleuve étant les plus impaludés ; certains quartiers périphériques loin des plans d'eau sont peu touchés. C'est l'inverse de ce qui se produit dans la plupart des villes soudanaises où le paludisme décroît de la périphérie vers le centre. Les données sérologiques suivent les mêmes tendances.

A Karma, l'IP reste stable et bas (de 11 à 13 %) tout au long de l'année malgré la pérennité de la transmission. Il est possible que ceci soit la conséquence de l'auto-traitement de la population par des antipaludiques disponibles au dépôt local.

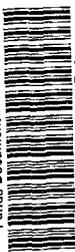
A Fatay-Karma où la transmission est saisonnière, la saison des pluies entraîne une augmentation de l'IP de 6 à 22 %.

L'examen des données antérieures à 1970 fait ressortir un paludisme hyperendémique dans toute la région avec des indices supérieurs à 60 %, atteignant 89 % chez les enfants des bords du fleuve près de Niamey. Cette baisse spectaculaire du paludisme est certainement due à la disparition d'*An. funestus* qui était un vecteur très efficace, mais la large autoconsommation des antipaludiques peut aussi fausser les résultats des enquêtes.

Le retour à une pluviosité normale en 1994 n'a pas modifié sensiblement la situation mais il faut rester vigilant face à une situation qui peut devenir épidémique.

Key-words: Malaria - Epidemiology - *Anopheles funestus* - Niger river - Sahel - Republic of Niger

Mots-clés : Paludisme - Epidémiologie - *Anopheles funestus* - Fleuve Niger - Sahel - Niger



Introduction

L'épidémiologie du paludisme a évolué ces dernières années par la prise en compte de différences géographiques permettant une stratification basée sur la durée de la transmission (24) ; ainsi peut-on évoquer, en raison de l'importance du biotope, la notion d'éco-épidémiologie du paludisme qui intègre les changements possibles, d'une année sur l'autre, du fait de phénomènes météorologiques.

Les abords du fleuve Niger forment un écosystème particulier dans le Sahel. L'écoulement du fleuve est permanent (sauf en juillet 1985, lors de la grande sécheresse). Les affluents de la rive droite sont saisonniers alors que les vallées fossiles de la rive gauche n'ont qu'un écoulement très bref (23). Le climat se caractérise par un balancement saisonnier ; la saison humide, sous l'influence de la « mousson » de sud-ouest dure 4 à 6 mois, de mai ou juin à octobre ou novembre ; la saison sèche couvre le reste de l'année ; fraîche jusqu'en mars, elle est ensuite marquée par les maxima thermiques d'avril et mai. L'harmattan, alizé continental provenant du Sahara, souffle de février à mai.

BARTH (3) a évoqué les fièvres de « d'hivernage »* et les premiers rapports médicaux notaient cette pathologie (19) qui touchait tout le Niger sauf les zones désertiques (18). Aujourd'hui le paludisme représente au Niger la cause principale de morbidité et l'une des causes majeures de mortalité, même s'il existe une surestimation probable des statistiques sanitaires (20). Pour nos études dans la région du fleuve, nous avons retenu le village de Karma (1° 49' est, 13° 41' nord) et la vallée fossile de Fatay-Karma, situés à 40 km au nord-ouest de Niamey, représentatifs du milieu rural traditionnel, et la capitale, Niamey (2° 5' est, 13° 20' nord) où se cotoient habitat traditionnel et constructions modernes.

Karma apparaît dans les chroniques historiques comme un point de fixation des émigrés Songhay après 1640, alors que règne une véritable anarchie, avant de devenir le siège de la principauté songhay du sud (22). En route pour Zinder, HENRIC (19) souligne l'aspect florissant du village, les cases en pisé avec une toiture conique en paille, les cultures de riz et de coton.

L'histoire de Niamey débute beaucoup plus tard, en 1902, par l'implantation d'un poste militaire dans un petit village des bords du fleuve. Il devient capitale du Niger de 1905 à 1911, et de nouveau après 1926, suite à l'intermède de Zinder.

La vallée du fleuve Niger, sur son trajet en République du Niger, compte environ 1 000 000 d'habitants.

Contexte physique et humain

Température, pluviométrie et eaux de surface

La température du sud-ouest du Niger, toujours élevée, ne se rafraîchit que de décembre à février. Le mois le plus chaud est avril (moyenne des maxima 37,9°C), le plus frais est janvier (moyenne des minima 14,7°C). L'écart nyctéméral est de 15°C toute l'année. Les températures sont restées stables depuis 50 ans.

Karma comme Niamey appartient à la zone sahélienne où la pluviométrie (tableau I) ne cesse de baisser depuis 50 ans (28). Les pluies ont toujours la même fréquence mais leur volume diminue, en particulier les averses de plus de 20 mm. Cette tendance se retrouve dans toute l'Afrique de l'Ouest, ce qui se traduit par une perte de débit du fleuve de 40 % depuis 1975 (2).

* Le terme « d'hivernage », en Afrique de l'Ouest francophone, désigne souvent la saison des pluies (de mai à octobre) et non l'hiver boréal qui, au contraire, est marqué par la saison sèche.

Tableau I.

| Vallée du fleuve Niger. | | | | | | |
|--|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Évolution de la pluviométrie moyenne par décennies 1931-1990 | | | | | | |
| | 1931-40 | 1941-50 | 1951-60 | 1961-70 | 1971-80 | 1981-90 |
| Tillabéry | 493,7 mm | 482,5 | 544,6 | 468,6 | 406,2 | 321,1 |
| Niamey | | 571,7 | 635,7 | 647,6 | 517,8 | 456,9 |
| Gaya | 845,8 mm | 811,6 | 877,4 | 859,4 | 783,6 | 738,3 |

A Karma, la pluviométrie moyenne annuelle (1979-1993) a été de 440 mm, légèrement inférieure à celle de Niamey, situé 40 km plus au sud. Les mois les plus arrosés sont juillet et surtout août ; les pluies de juin et de septembre varient considérablement d'une année sur l'autre.

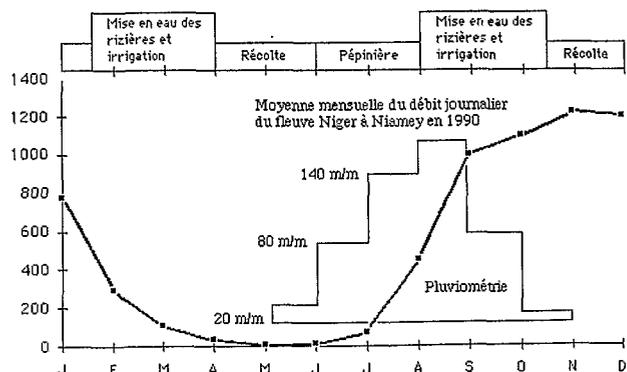
En général, pendant la période d'étiage, de multiples mares résiduelles se forment le long des fleuves. En Afrique, elles constituent de gîtes de choix pour *Anopheles gambiae s.l.* et sont à l'origine d'une forte transmission du paludisme, complémentaire de la saison de transmission classique liée aux pluies (24). A Niamey, l'étiage du fleuve est en mai-juin (figure 1) du fait de l'éloignement de ses sources en Guinée. Il se confond avec le début de la saison des pluies et n'entraîne pas de période supplémentaire de transmission.

Les eaux de surface, susceptibles d'héberger les larves des anophèles vecteurs, sont de quatre types :

- les mares formées par accumulation d'eau dans les dépressions du sol pendant les pluies ; leur nombre et leur superficie diminuent au fur et à mesure que s'installe la saison sèche, aucune ne persistant jusqu'aux pluies de l'année suivante. Elles sont dépourvues de végétation et se polluent rapidement, surtout à Niamey.
- les mares pérennes alimentées par des sources, dotées d'une riche végétation aquatique, avec un écoulement vers le fleuve ; deux d'entre elles sont en plein centre de Niamey ;
- les fosses d'emprunt de terre des briquetteries atteignant la nappe phréatique et fréquemment pérennes, en particulier sur la rive droite à Niamey ;
- les périmètres irrigués le long du fleuve ; celui de Karma couvre 150 hectares, celui de Saga à Niamey est coalescent avec celui de la commune voisine de Liboré. Ils sont en eau de janvier à avril et d'août à octobre.

Figure 1.

Fleuve Niger. Débit du fleuve, pluviométrie et calendrier de culture du riz.



Population et habitat

Niamey, qui comptait 1800 habitants en 1905, a eu une croissance lente jusqu'en 1970 (108000 habitants) ; l'explosion urbaine, amorcée en 1979 avec le reflux des populations saharo-sahéliennes fuyant la sécheresse (1), s'est poursuivie à un rythme de plus de 10 % par an. En 1995, la population de la communauté urbaine de Niamey était estimée à 600 000 habitants.

La croissance s'est faite par l'expansion de quartiers modernes (Poudrière) et l'absorption de villages satellites traditionnels (Goudel, Saga, Lamordé), organisés en habitat sur cour («concessions»). La densité de population est faible comparativement aux autres villes de la région. Les citadins ont gardé des liens avec leurs villages d'origine où ils font des séjours d'intérêt familial et alimentaire.

Karma est un village songhay-zarma traditionnel de 8500 habitants, divisé en 3 quartiers (Zimba, Kabatché et les quartiers extérieurs). La vallée fossile de Fatay Karma, orientée nord-sud, s'étend sur environ 13 km. Elle est habitée par des sédentaires (1 millier environ) et par des agriculteurs saisonniers de Karma, souvent apparentés aux résidents permanents. Les maisons de banco sont petites, sombres et mal aérées ; elles sont recouvertes d'un toit de chaume, rarement de tôle ondulée. Les habitants de Karma cultivent les rizières irriguées de la rive gauche du fleuve, ceux de la vallée de Fatay Karma le mil ainsi que des produits de contre-saison réservés aux femmes, en particulier les piments.

Données épidémiologiques antérieures

Les prospections faites à Niamey et dans la vallée du fleuve mentionnaient la présence d'*An. gambiae s.l.*, d'*An. funestus* (12, 26, 31, 9) et d'*An. nili* sur les bords du fleuve (12, 6). Actuellement les espèces jumelles *An. gambiae s.s.* et *An. arabiensis* y sont sympatriques (11, 32) mais *An. funestus* a disparu des comptes-rendus de capture après 1973 (32, 6).

Les données sur la transmission sont rares, avec des index sporozoïtiques (13) inférieurs à 1 % (6, 29), ce qui est cohérent avec les autres observations faites en zone sahélienne du Burkina Faso (17). Les données parasitologiques ne sont guère plus nombreuses (tableau II).

Tableau II.

Niamey et la vallée du fleuve Niger.
Données parasitologiques et sérologiques

| auteurs | canton | IP et % de séroconversion |
|-------------------------------|----------|---|
| Bédier et al., 1924 (7) | Niamey | 67% chez les enfants de < 15 ans |
| Eyraud, 1961 (13) | Farié | 63% si < 1 an, 67% si 1-2 ans, 85% si 2-5 ans, 56% si > 5 ans |
| Ochrymowicz et al., 1969 (26) | Goudel | 89% chez les 2-9 ans et 16% chez les > 15 ans |
| Baudon et al., 1983 (5) | Kandadji | 27-36 % chez les enfants de 0 à 9 ans (villages près du fleuve) |
| Baudon et al., 1986 (6) | Ayourou | 52-36 % chez les 2 à 4 ans (en fonction proximité fleuve) |
| Cot et al., 1988 (10) | Ayourou | 77% séropositifs chez les > 15 ans |
| Habi Gado, 1982 (16) | Liboré | 24% chez les 1-2 ans, 17% chez les 3-4 ans |

IP : index plasmodique

Etudes de 1992 à 1995

Méthodes

Les sites d'étude à Niamey ont été sélectionnés selon des paramètres écologiques intervenant sur la production des vecteurs, essentiellement les eaux de surface. Il en a été de même à Karma et dans la vallée de Fatay-Karma. L'échantillonnage, sauf dans la vallée de Fatay-Karma, s'est fait avec l'appui des autorités coutumières par tirage au sort des maisons et prélèvement de l'ensemble des ménages. Les enquêtes séroparasitologiques (tableau III) ont comporté trois volets :

- des frottis en couche mince pour la détection des parasites au seuil estimé de 100 hématies parasitées (hp) par mm³ et le calcul de la densité parasitaire, exprimée en hp/mm³ (sur la base

d'une numération globulaire moyenne estimée à 4 000 000 et d'une observation de 200 hématies par champ).

- des prélèvements de 50 µl par tube capillaire et dépôt du sang sur papier chromatographique. Les immunofluorescences indirectes ont été pratiquées avec l'antigène bio-Mérieux (Spot IF *Plasmodium falciparum*) et une anti-immuno-globuline humaine totale marquée à la fluorescéine (Institut Pasteur). Les tests ont été réalisés (Laboratoire de microbiologie, Hôpital de St-Pierre de La Réunion, Dr A. Michault) par micro-méthode, à partir de la dilution au 1/40 et jusqu'au 1/5120. Le seuil de positivité retenu a été le 1/160. Les résultats ont été exprimés en taux moyens géométriques d'anticorps (tmga) selon la formule précisée ci-dessous*.

- une composante socioculturelle par questionnaire familial sur les connaissances et pratiques vis-à-vis du paludisme (16).

Les études entomologiques (1992-1995) ont été intégrées aux études épidémiologiques. Les enquêtes transversales ont été complétées, à Niamey, par un suivi longitudinal hebdomadaire dans 2 quartiers (Poudrière, Aéroport).

Tableau III.

Vallée du fleuve. Différents types d'enquêtes réalisées

| site étudié | date | saison | type et échantillonnage |
|---|------------------------------|----------------------------------|---|
| Niamey (Goudel, Saga Poudrière, Foulan Koira) | mai/juin 92 | sèche (fin) | séroparasitologique sur une population entière, sondage en grappe (ménages) |
| Niamey (Lamordé, Boukoki 1/2, Poudrière) | janv/mars 93 août/oct. 93 | sèche (milieu) pluie et après | séroparasitologique, enfants de < 5 ans, sondage en grappe (ménages) |
| Niamey (Boukoki 3) | nov 95 | sèche (début) | séroparasitologique, population entière par sondage en grappe (ménages) |
| Karma | mai 94 sept./oct.94 | sèche (fin) après la pluie | séroparasitologique. population entière, sondage en grappe (ménages) |
| Fatay-Karma (vallée) | mai 94 oct 94 | sèche (fin) après la pluie | séroparasitologique sur la population, choix raisonné géographique |

L'objectif était de compléter l'inventaire des vecteurs et d'estimer leur abondance en fonction des saisons et des situations géographiques. Les récoltes d'adultes après pulvérisation matinale de pyréthre dans les chambres à coucher ont été complétées par des prélèvements larvaires qualitatifs. Les anophèles adultes ont été identifiés localement mais la typification des espèces du complexe *An. gambiae* a été faite à l'ORSTOM de Dakar (Dr D. FONTENILLE) par amplification génique (15). L'identification des larves de stade III et IV a été faite à Toulouse (Laboratoire de parasitologie médicale et d'écologie humaine, Pr G. LARROUY).

Résultats

Données entomologiques

A Karma, *An. gambiae s.l.* est présent toute l'année dans les maisons. Dans la vallée de Fatay Karma au début des pluies, les prospections de mai 1994 ont été négatives ; à la fin des pluies, *An. gambiae s.l.* était dans toutes les maisons en forte densité (12 par chambre en moyenne lors des captures matinales). Il persistait jusqu'en mars 1995, en pleine saison sèche, alors que toutes les mares étaient asséchées, puis les prospections redevenaient négatives en mai 1995.

A Niamey, *An. gambiae s.l.* colonise, quelle que soit la saison, les quartiers du bord du fleuve (Goudel, Saga, Lamordé) ou les abords des sources (Boukoki III), ce qui confirme les données antérieures (29, 30). Ce vecteur n'est pas retrouvé dans les quartiers urbanisés éloignés du fleuve (Boukoki II,

* tmga = EXP [Σ(n₀log1 + n₁log40 + n₂log80+...)/Σ(n₀ + n₁ + n₂ +...)]
n₀ est le nombre de négatifs, n₁ le nombre de cas positifs à la dilution au 1/40, n₂ au 1/80, etc...

Tableau IV.

Niamey. Résultats séroparasitologiques sur échantillons aléatoires.

| | date | Goudel | Saga | Lamordé | Poudrière | Boukoki II | Boukoki III | Foulan K |
|--------|---------------|--------|------|---------|-----------|------------|-------------|----------|
| IP | mai/juin 92 | 4,7 | 3,7 | | 0,0 | | | 0,0 |
| (en %) | jan/mars 93* | | | 5,0 | 5,0 | 5,6 | | |
| | août/oct. 93* | | | 52,4 | 23,7 | 29,8 | | |
| | nov. 94 | | | | | | 7,5 | |
| séro + | mai/juin 92 | 87,7 | 84,4 | | 76,9 | | | 67,0 |
| (en %) | jan/mars 93* | | | 66,2 | 27,1 | 34,4 | | |
| | août/oct. 93* | | | 62,2 | 60,6 | 64,4 | | |
| | nov. 94 | | | | | | 70,7 | |
| tmga | mai/juin 92 | 503 | 472 | | 158 | | | 81 |
| | nov. 94 | | | | | | 205 | |

enquêtes sur des populations générales et, en italique, chez des enfants de moins de 5 ans
* d'après BARENNE, 1994 (4) Séro+ : séropositivité ≥ 1/160

Yantala, Plateau, Poudrière, Talladjé, Lazaret); à l'Aéroport, il n'apparaît qu'en août. *An. nili* a été retrouvé en bordure du fleuve, dans les maisons de Saga.

En saison sèche, les densités de moustiques dans les maisons des quartiers positifs (Goudel, Saga et Lamordé) sont faibles, de l'ordre de 2,8 *A. gambiae* s.l./pièce en février-mars 1992, de 1,3 *An. gambiae* s.l./pièce en janvier 1994. Les *Culex quinquefasciatus* sont beaucoup plus abondants que les anophèles. Ces derniers, avec une densité de 0,8 *An. gambiae* s.l. par chambre ne représentaient que 3,5 % de l'ensemble de la faune culicidienne.

A Niamey et dans la vallée du fleuve, la proportion d'*An. gambiae* s.s. par rapport à *An. arabiensis* est de 77 % (FONTENILLE, communication personnelle).

Données séroparasitologiques à Niamey

Le protocole établi en 1993 prévoyait un suivi de cohorte avec 2 passages successifs; ils n'ont pu être fait, par la même personne et les perdus de vue ont été de 30 % en moyenne. Néanmoins, l'ensemble des études permet de dégager les résultats suivants. L'indice parasitaire (IP) a été très faible en saison sèche, en 1992 et 1993, variant de 5 % au bord du fleuve (Goudel, Saga et Lamordé) à 0 à Foulan Koira. A la fin de la saison des pluies, il a augmenté de 10 fois au bord du fleuve, de 5 fois dans les quartiers centraux. L'âge moyen des cas positifs, sans signe clinique d'appel, était de 10 ans.

P. falciparum était présent dans 80 % des cas, souvent associé à *P. malariae*, plus rarement à *P. ovale*. La densité parasitaire moyenne (DPM) était de 2288 hématies parasitées par mm³ (hp/mm³) en mai-juin 1992. L'index gamétocytaire (IG) était de 0,5 %; L'index splénique (IS) des enfants de 2 à 9 ans (64 sujets) s'établissait à 7,1 %, sans splénomégalie supérieure au stade II en 1992. Cet examen n'a plus été pratiqué ensuite.

En sérologie (tableau IV), la différence des tmga n'est pas significative entre Goudel et Saga; elle le devient entre Goudel et d'une part Foulan Koira (p < 1 ‰), d'autre part Poudrière (p < 1 ‰) et entre Foulan Koira et Poudrière (p < 1 ‰). Il existe aussi une forte corrélation (tableau V) entre le tmga et l'âge pour l'ensemble formé par Goudel et Saga.

Tableau V.

Niamey, Karma. Tmga par tranches d'âge. Corrélation tmga/âge.

| Sites | 0 à 4 ans | 5 à 9 | 10 à 14 | 15 à 24 | 25 à 44 | ≥ 45 ans | corrélation |
|--------|-----------|-------|---------|---------|---------|----------|-----------------|
| Niamey | 247 | 445 | 356 | 596 | 593 | 890 | r=0,943 p<1 ‰ |
| Karma | 319 | 926 | 1226 | 1466 | 1952 | 1847 | r=0,806 p<0,5 ‰ |

Données séroparasitologiques dans la zone de Karma

L'IP à Karma (tableau V) est de 11 % en saison sèche et 13,3 % après la saison des pluies (différence non significative). *P. falciparum* est présent en saison sèche dans 82,9 % des cas, associé 1 seule fois avec *P. malariae*; celui-ci apparaît isolé dans 17,1 % des cas. Après la saison des pluies, *P. falciparum* représente 97,9 % des cas.

Le statut sérologique (tableau VI) varie d'un quartier à l'autre: la différence est non significative entre Kabatché et les quartiers extérieurs, elle le devient entre Zimba et Kabatché (p < 1 ‰), Zimba et la partie extérieure (p < 1 ‰) et entre Karma et la vallée de Fatay-Karma (p < 1 ‰).

Tableau VI.

Karma et vallée de Fatay-Karma. Résultats séroparasitologiques.

| sites étudiés | pendant la saison sèche | | après les pluies | | | |
|--------------------|-------------------------|------|------------------|------|---------|----------------|
| | nbre IP | DPM | séro+ | tmga | nbre IP | DPM |
| Karma Zimba | | | | | 1032 | |
| Kabatché | | | | | 1199 | |
| Extérieur | | | | | 1348 | |
| total | 372 | 11% | 783 | 96,0 | 1158 | 368 13,3 22104 |
| Vallée Fatay-Karma | 144 | 6,6% | 1225 | 96,5 | 1011 | 167 22,8 4658 |

Les sérologies négatives à Karma ne touchent que 4,1 % des moins de 9 ans. La valeur médiane est 1/1280, ce qui souligne la forte élévation moyenne des titres. Le tmga augmente avec l'âge jusqu'à 44 ans avec une corrélation positive, ce qui traduit la régularité de la sollicitation antigénique.

Dans la vallée de Fatay-Karma, les IP différaient significativement selon les saisons (p < 1 ‰). *P. falciparum*, seul en saison sèche, est représenté dans 97,4 % des cas après la saison des pluies, dont 7,9 % en association avec *P. malariae*. La DPM est de 1225 hp/mm³ en saison sèche et de 4658 hpm/mm³ après la saison des pluies.

Dans la vallée de Fatay-Karma, 3,5 % des sujets de moins de 9 ans sont négatifs à la dilution-seuil. La valeur médiane est aussi au 1/1280. Le tmga augmente avec l'âge jusqu'à 39 ans mais sans corrélation entre ces deux variables.

Données socioculturelles

A Niamey, l'habitat est en dur ou semi-dur à Poudrière, en torchis ou en briques de terre à Saga, Goudel et Lamordé et en paillottes à Foulan Koira. Seulement 50 % des familles ont des animaux dans la cour. L'usage de la moustiquaire ne touche que 50 % des familles à Niamey. La mobilité des habitants de Niamey est forte: 18 % des familles avait déménagé entre les deux saisons en 1993 (4).

A Karma et dans la vallée de Fatay Karma, l'habitat est relativement homogène. L'usage des moustiquaires est généralisé (21).

Discussion

Point de vue entomologique

Dès octobre, les mares résiduelles de Niamey ne jouent aucun rôle dans la transmission car elles sont loin des habitations ou trop polluées. Les vecteurs du paludisme ne sont alors présents que sur les berges du fleuve, autour de la source du centre ville et le long de l'effluent qui en sourd. Ce dernier, très pollué, a un faible débit en saison sèche ; mais les jardiniers creusent, sur les berges, des puisards pour l'arrosage, où l'eau, après percolation à travers le sable, s'est suffisamment dépolluée pour que des larves d'*An. gambiae s.l.* y soient retrouvées. Les puits (7 à 8 m de profondeur) des autres périmètres de cultures de contre-saison (Boukoki II et IV) n'ont pas été positifs ; les bassins adjacents, sans bonde de vidange, ont présenté de rares larves d'*A. gambiae s.l.* de stade I ou II ; mais le puisage des arrosoirs ne permet peut être pas la survie de larves d'anophèles jusqu'à la nymphose. Les berges du fleuve dans la partie urbaine, sont utilisées pour laver le linge et l'eau savonneuse stagne dans les zones sans courant. Par contre les fosses d'emprunt de terre à brique près des berges sont des gîtes anophéliens très productifs.

L'harmattan, qui souffle d'est à nord-est, protège la partie orientale de la ville ; mais les quartiers ouest, résidentiels, restent exposés du fait de la proximité du fleuve, de la source de Boukoki III et de la partie de son effluent utilisée pour les cultures. Cette situation persiste jusqu'à la fin de la saison sèche (16). En l'absence de vecteur dans les quartiers nord-ouest, nord-est et est, l'arrêt de la transmission doit y être au moins supérieur à 6 mois (figure 2).

Pendant les pluies, le vent de mousson, de secteur sud-ouest à sud-sud-ouest, inverse la dispersion des anophèles ; outre une frange plus large des quartiers de la rive gauche, le centre de la ville est touché autour de la source. L'étude d'août à septembre 1994 a montré que le quartier oriental en pleine expansion de l'Aéroport, à 7 km du fleuve, est colonisé début d'août par *An. gambiae s.l.* Mais la pollution des eaux de surface fait disparaître le vecteur dès octobre. Par contre, aucun vecteur

n'a été retrouvé en saison des pluies dans le quartier de Poudrière, exempt de toute mare. Signalé par tous les auteurs avant les années 1970, *An. funestus* n'a jamais été retrouvé au cours de ces prospections. La raréfaction, voire la disparition de cette espèce a été signalée au Sénégal (14) et dans toute la bande sahélienne du Niger (25).

Le risque de transmission, lié aux possibilités de production et de dispersion des vecteurs est donc très variable suivant les saisons dans l'agglomération de Niamey comme d'ailleurs dans les autres grandes villes africaines. Mais alors que dans la plupart des villes il diminue de la périphérie vers le centre, à Niamey, ce risque diminue à partir du fleuve et/ou des eaux pérennes. De ce fait, certains quartiers périphériques du nord et de l'est sont relativement à l'abri du paludisme.

A Karma, la permanence d'*An. gambiae s.l.* témoigne d'une transmission permanente même si les densités du vecteur sont faibles. Dans la vallée de Fatay Karma, à la fin de la saison des pluies, *An. gambiae s.l.* a réussi à coloniser la totalité du site malgré la dispersion importante de l'habitat ; les nombreux gîtes temporaires prennent le relais les uns des autres au fur et à mesure des pluies. Tous les lieux habités subissent la « fièvre » dont le diagnostic est évident pour la population ; la maladie apparaît 1 à 2 mois après la pluie, i.e. après la multiplication des vecteurs, alors que le « vent souffle des rizières ». En fait, chaque groupe de maisons constitue un écosystème individualisé. Le plus classique est la proximité d'une mare permanente ou temporaire avec empreintes des sabots de boeuf, gîtes habituels d'*An. gambiae s.l.* Une adaptation remarquable de ce vecteur héliophile a été constatée à Bartouré : en l'absence de gîte de surface, il pond dans l'unique puits où l'eau est claire, à 7 m de profondeur, dans une pénombre permanente. Entre ces situations extrêmes existent de multiples intermédiaires, autour de puits traditionnels dans le lit de la vallée, simples puisards de 2 mètres de diamètre, relativement ensoleillés.

En saison sèche, les anophèles disparaissent de nombreuses parties de la vallée, elle-même désertée par les travailleurs saisonniers. Ils réapparaissent dès que les premières pluies créent des gîtes propices.

Figure 2.

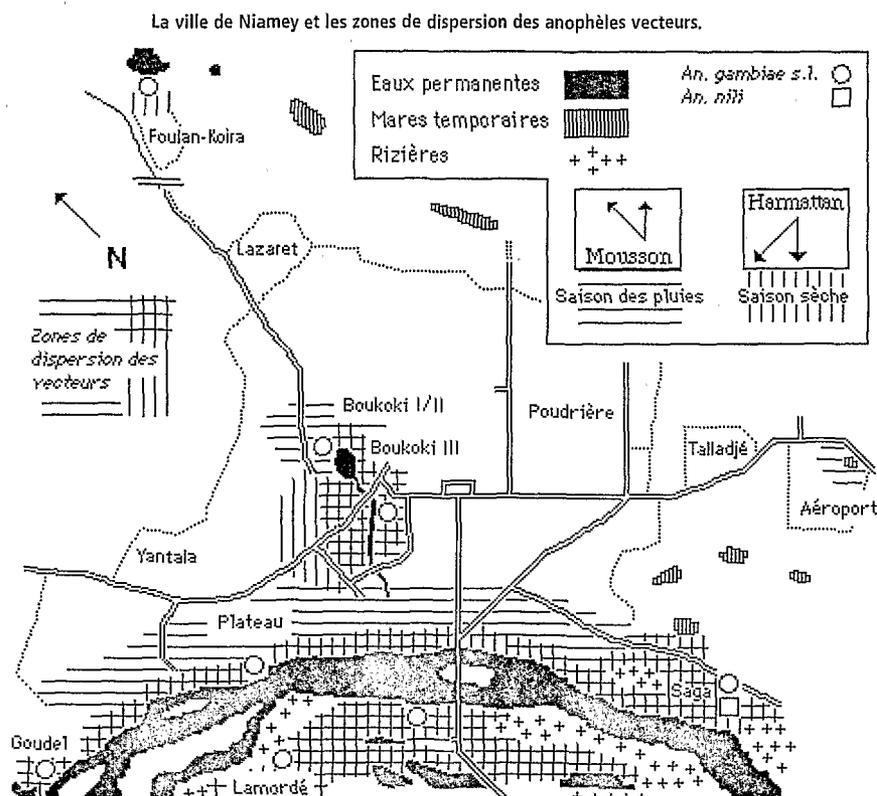
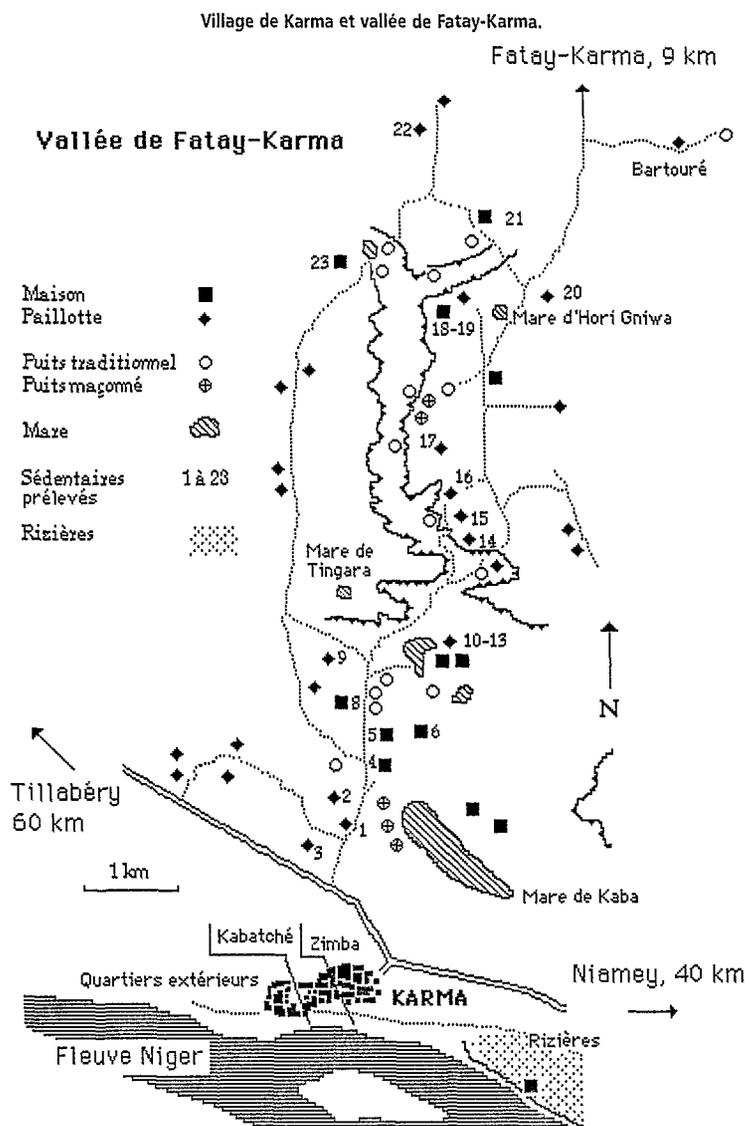


Figure 3.



Point de vue parasitologique et sérologique

A Niamey en saison sèche, l'IP varie de 4 à 7 % aussi bien au bord du fleuve (*Gondel, Saga*) qu'en zone urbaine (*Poudrière*), que ce soit dans la population générale (21) ou dans une population infantile (4); et ces données n'ont pas été contredites par les enquêtes focalisées sur des enfants fébriles (27, 16). Après la saison des pluies, l'IP très élevé des premières études (7), n'a pas été retrouvé. Cet indice augmente nettement en cours de saison des pluies, en particulier sur les rives du fleuve où il est dix fois plus élevé qu'en saison sèche. Dans la zone urbanisée la même tendance s'observe mais l'accroissement n'est que de cinq fois. Mais dès novembre, soit deux mois après la fin de la pluie, l'indice chute à nouveau.

Cette situation résulte-t-elle de la disparition d'*An. funestus* qui prolongeait la transmission en saison sèche ? C'est possible en ce qui concerne les quartiers sub-urbains mais peu probable dans la ville, milieu peu favorable à cette espèce (8).

La sérologie dans les quartiers près du fleuve s'oppose nettement à celle du centre ville. Les sollicitations antigéniques sont différentes, quantitativement par le nombre de piqûres infectantes et qualitativement par la durée de la transmission. Le tmga est une image directe du premier phénomène et indirecte du second. Les tmga élevés des quartiers près du fleuve, avec une augmentation linéaire par rapport à l'âge, témoignent d'une sollicitation antigénique probablement permanente qui

induit un effet cumulatif sur le taux des anticorps antipalustres. Mais elle semble néanmoins faible comme en témoigne un IP bas en saison sèche. Les tmga des autres quartiers s'échelonnent selon la durée de la transmission, elle-même liée à la proximité des sources d'anophèles et à l'influence des vents dominants.

A Karma, l'absence de différence entre les IP des deux saisons traduit bien la permanence de la transmission. Leur faible valeur reflète probablement l'auto-consommation d'antipaludéens dont témoigne le volume important des achats au dépôt de médicaments.

Dans la vallée de Fatay-Karma, les indices plasmodiques diffèrent entre les deux saisons, par suite de la diminution voire de l'arrêt de la transmission en saison sèche. Le paludisme touche surtout les moins de 9 ans.

Les taux sérologiques observés à Karma ou dans la vallée de Fatay-Karma sont relativement élevés (deux fois plus que sur les bords du fleuve à Niamey) et la population négative est très jeune et, numériquement, très faible. La sollicitation antigénique existe donc de façon précoce et fréquente; elle montre cependant des variations, à la fois à l'intérieur du village de Karma mais aussi entre Karma et la vallée. Elle paraît plus importante à Karma que dans la vallée de Fatay-Karma car l'effet cumulatif est plus net sur les rives du fleuve que dans la vallée fossile.

Remerciements

Cette étude a bénéficié d'un financement du Ministère de la coopération au titre du Programme mobilisateur paludisme. Les auteurs remercient tous ceux qui ont apporté leur aide pour la réalisation de cette recherche et, en particulier, Abderhamane R, Alarou A, Barennes H, Boubacar A, Campagne G, Develoux M, Fontenille D, Garba A, Gragnic G, Lamotte M, Larrouy G, Magnaval JF, Meynard D, Molez JF, Nouhou A, Ousmane S, Sellin R, Souleymane A, Suzzoni J.

Références bibliographiques

1. ALPHA GADO B - Une histoire des famines au Sahel. Étude des grandes crises alimentaires (XIX^e-XX^e siècles). L'Harmattan, Paris, 1993, 201 p.
2. Anonyme - Annuaire statistique "séries longues", Ministère du Plan, Direction de la Statistique et de la Démographie, Niamey, Imprimerie Nationale, 1991, 248 p.
3. BARTH H - Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale (1860), éd. Ithier, Paris.
4. BARNES H - *Morbidity palustre infanto-juvénile en milieu urbain sud-sahélien, Niamey*. Mémoire DEA Santé publique et pays en voie de développement, Université de Paris VI, 1994, 46 p.
5. BAUDON D, CARNEVALE P & ROBERT V - *Enquête paludologique sur le site du futur barrage de Kandadji, Niger*. OCCGE, Bobo-Dioulasso, 1983, rapport n° 8177.
6. BAUDON D, CARNEVALE P, ROBERT V, PEYRON F, SIBI SONA L & GNIMINOU L - Étude épidémiologique du paludisme dans la région de Tillabéri (nord-ouest du Niger). *Méd. Afr. Noire*, 1986, **33**, 281-290.
7. BÉDIERE, LAURENCY & BAURY - Index endémique du paludisme à Niamey à la fin de la saison des pluies. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 1924, **17**, 327-329.
8. CARNEVALE P, ROBERT V, Le GOFF G, FONDJO E, MANGA L et al. - Données entomologiques sur le paludisme urbain en Afrique tropicale. *Cah. Santé*, 1993, **3**, 239-245.
9. CHAUVET G & DYEMKOUA A - *Enquête sur les insectes vecteurs de maladies ou de nuisances dans la ville de Niamey et ses environs (Niger), enquête du 23 juillet au 6 août 1973*. O.C.C.G.E., Bobo-Dioulasso, rapport n° 5, 1973, 28 p.
10. COT M, BOUSSINESQ M, GAZIN P, BAUDON D & CARNEVALE P - Acquisition de l'immunité en zone d'endémie palustre (savane soudano-sahélienne). *Ann. Soc. belge Méd. trop.*, 1988, **68**, 25-35.
11. COZ J - Contribution à l'étude du complexe *A. gambiae*. Répartition géographique et saisonnière en Afrique de l'Ouest. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Ent. méd. et Parasitol.*, 1973, **11**, 3-31.
12. ESCUDIE A & HAMON J - Le paludisme en Afrique Occidentale d'expression française. *Méd. Trop.*, 1961, **21**, 661-687.
13. EYRAUD M - *Rapport sur la mission effectuée dans la région de Niamey, République du Niger, du 28 mars au 10 avril 1961*. O.C.C.G.E., n° 515, 1961, doc. non publié, 5 pp.
14. FAYE O, GAYE O, FONTENILLE D, HÉBRARD G, KONATE L et al. - La sécheresse et la baisse du paludisme dans les Niayes du Sénégal. *Cahiers Santé*, 1995, **5**, 299-305.
15. FONTENILLE D, FAYE O, KONATE L, SY N & COLLINS H - Comparaison des techniques PCR et cytogénétique pour la détermination des membres du complexe *Anopheles gambiae* au Sénégal. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 1993, **68**, 239-240.
16. HABI GADO - *Efficacité de la chimioprophylaxie par la chloroquine sur l'impaludation infantile. A propos de 381 enfants suivis en zone rurale au Niger (Niamey)*. Thèse Médecine, Niamey, 1982, 108 p.
17. HAMON J, COZ J, SALES S & OUEDRAOGO S - Études entomologiques sur la transmission du paludisme humain dans une zone de steppe boisée, la région de Dori (République de Haute-Volta). *Bull. IFAN*, 1965, **27A**, 1115-1150.
18. HECKENROTH - Notes sur Zinder. *Ann. Méd. Pharm. Colo.*, 1906, **9**, 331-349.
19. HENRIC - La route de Zinder. *Ann. Méd. Pharm. Colo.*, 1905, **8**, 5-24.
20. JULVEZ J, DEVELOUX M, MOUNKAILA A & MOUCHET J - Diversité du paludisme en zone sahélo-saharienne. Une revue à propos de la situation au Niger. *Ann. Soc. belge méd. trop.*, 1992, **72**, 163-177.
21. JULVEZ J, HAMIDINE M., BOUBACAR A, NOUHOU A & ALAROU A - Connaissances et pratiques face au paludisme. Etude en pays Zarma-Songhay. *Cah. Santé*, 1995, **5**, 307-313.
22. MAMOUDOU DJIBO - *Le Siciya du sud de la naissance à l'arrivée des européens (1640-65 à 1898)*. Mémoire d'études et de recherches, Faculté des Lettres, Niamey, 1985, 162 p.
23. MOREL A - Relief et hydrographie, pp. 6-7, Climat, pp. 14-17, in Niger, collection Les Atlas Jeune Afrique, Editions Jeune Afrique, Paris, 1980.
24. MOUCHET J, CARNEVALE P, COOSEMANS M, FONTENILLE D, RAVAJONJANAHARY C et al. - Typologie du paludisme, *Cah. Santé*, 1991, **1**, 277-288.
25. MOUCHET J, FAYE O, JULVEZ J & MANGUIN S - Drought and malaria retreat in the Sahel, West Africa. *Lancet*, 1996, **348**, 1735-1736.
26. OCHRYMOWICZ J W, BAKRI G E & HUDLESTON J A - Rapport sur la prospection faite en vue d'une action antipaludique au Niger, O.M.S., Brazzaville, AFR/MAL/106/ 1969, 68 p.
27. OLIVAR M, DEVELOUX M, ARI CHEGOU A & LOUTAN L - Presumptive diagnosis of malaria results in a significant risk of mistreatment of children in urban Sahel. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 1991, **85**, 729-730.
28. OZER P & ERPICUM M - Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. *Sécheresse*, 1995, **6**, 103-108.
29. RATARD R C, MANGUIN-GAGARINE S & KABA M W - *Plan de renforcement de la capacité d'étude et de contrôle du paludisme*. VBC/USAID n° 81259A, sept. 1991, 130 p.
30. RATARD R C & KABA M W - *Plan de renforcement de la capacité d'étude et de contrôle du paludisme, Partie II*. VBC/USAID n° 82237A, 1992; 60 p.
31. SALES S & OCHOUMARE J - *Étude des moustiques vecteurs de maladies ou constituant des nuisances dans la ville de Niamey (Niger), enquête du 19 au 29 avril 1971*. O.C.C.G.E., Bobo-Dioulasso, rapport n° 4861, 1971, 19 p.
32. STAFFORD SMITH D M - Mosquito records from the Republic of Niger, with reference to the construction of the new " Trans-Sahara Highway ". *J. Trop. Med. Hyg.*, 1981, **84**, 95-100.