

ENTOMOLOGIE MÉDICALE

Les anophèles du Niger.

J. Julvez (1), J. Mouchet (2), J. Suzzoni (3), G. Larrouy (4), A. Fouta (5) & D. Fontenille (6)

(1) Epidémiologiste, médecin général de santé publique, Coopération française, Fac. des sciences de la santé (départ. de santé publique), Ministère de la santé publique, Niamey, Niger

(2) Entomologiste médical, inspecteur général de recherche honoraire, ORSTOM, Paris, France.

(3) Entomologiste médical, Laboratoire de parasitologie médicale et d'écologie humaine, Faculté de médecine de Toulouse-Purpan, France.

(4) Professeur de parasitologie, Laboratoire de parasitologie médicale et d'écologie humaine, Faculté de médecine de Toulouse-Purpan, France.

(5) Technicien en entomologie médicale, Ministère de la santé publique, Programme national de lutte contre le paludisme, Niamey, Niger.

(6) Entomologiste médical, Centre ORSTOM, Dakar, Sénégal.

Correspondance : Jean JULVEZ, 110 rue de la Folie Méricourt, 75011 Paris, France.

Manuscrit n°1895. "Entomologie médicale". Accepté le 14 mai 1998.

Summary: Anopheles from the Republic of Niger

Nineteen species of Anopheles have been observed in the Republic of Niger but only Anopheles gambiae, An. arabiensis and An. funestus are of epidemiological importance as malaria vectors. The two species of the An. gambiae complex have the same breeding sites. But in a large part of the country they disappear all during the dry season because of the lack of adequate pools of water. Their survival is as yet an unexplained phenomenon. The most northern wet season distribution of An. gambiae complex, depending on the latitude of the intertropical front. An. funestus was no longer found after 1970 because its breeding places were destroyed both by dryness and human activity.

The Republic of Niger is a border area between the palearctic Mediterranean biogeographical region and the Afrotropical one. Two different vectorial systems of malaria transmission are separated by the Sahara desert. The risk of importation of an African vector such as An. gambiae and a parasite such as Plasmodium falciparum must be considered. For the time being, the low volume of road traffic limits the risk but the construction of a paved Transsaharian highway with new human settlements and developing cultivated areas with irrigation increases the dangers of epidemic outbreaks in these oases.

Résumé :

Dix-neuf espèces d'anophèles ont été observées au Niger mais seuls Anopheles gambiae, An. arabiensis et An. funestus ont une importance épidémiologique comme vecteurs du paludisme. Les deux espèces du complexe An. gambiae utilisent les mêmes gîtes mais disparaissent pendant toute la saison sèche en l'absence de gîte approprié. Leur survie est à ce jour inexpliquée. An. funestus n'a pas été retrouvé depuis 1970 en raison de la disparition de ses gîtes larvaires due à la sécheresse et aux activités humaines. La limite d'extension vers le nord de ces espèces en saison des pluies dépend de la position en latitude du front intertropical.

Le Niger est une zone frontière entre la région biogéographique paléarctique méditerranéenne au nord et la région afrotropicale au sud. Deux systèmes vectoriels différents de transmission du paludisme sont séparés par le Sahara. Le risque d'importation de vecteurs comme An. gambiae et de parasites africains comme Plasmodium falciparum dans les oasis algériennes ne peut être ignoré. Les difficultés de circulation limitent actuellement le risque mais l'ouverture d'une route transsaharienne goudronnée, de nouvelles implantations humaines, des cultures irriguées pourraient faire craindre l'émergence d'épidémies dans les oasis.

Key-words: Anopheles - Malaria - Republic of Niger - Sahara - Maghreb - Africa

Mots-clés : Anophèle - Paludisme - Niger - Sahara - Maghreb - Afrique

Introduction

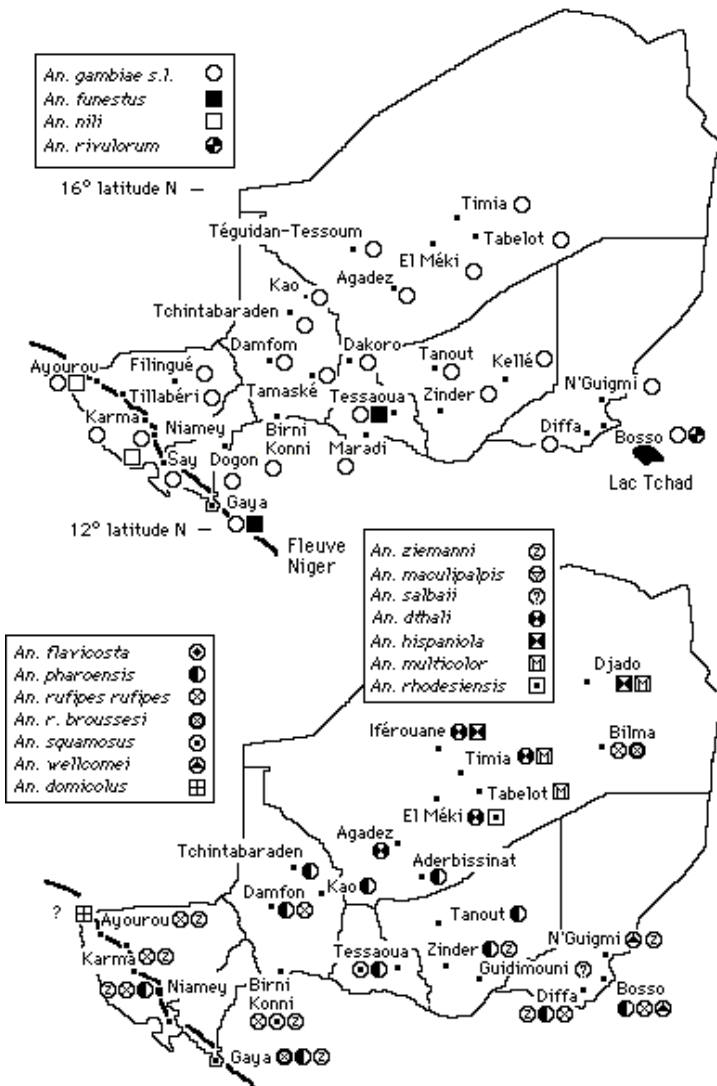
Le Niger, qui s'étend entre 12 et 23° de latitude nord et entre 0 et 16° de longitude est, est composé d'un enchaînement de bandes phytogéographiques orientées est-ouest selon les isohyètes. La végétation soudanienne de l'extrême sud (Gaya, Say) fait graduellement place vers le nord à une flore sahélienne, puis sahélo-saharienne qui se dilue dans le désert où la vie se concentre dans les oasis. Le Sahara marque la frontière entre la région biogéographique afrotropicale, caractérisée par des pluies de mousson estivale, et la région paléarctique méditerranéenne, à pluies hivernales. Le Niger est la limite nord de la frange instable du paludisme tropical afri-

cain ; la diversité des situations épidémiologiques (7), du sud vers le nord (27), va d'un faciès tropical de savane au faciès désertique (35).

De formation récente (6 à 8 000 ans), le Sahara n'a pas eu le temps d'isoler les faunes présentes antérieurement et seule l'opposition climatique est responsable de leur ségrégation actuelle. En effet, très peu d'espèces se rencontrent de part et d'autre du désert. Chez les anophèles, *Anopheles ziemanni*, très largement répandu en Afrique sud-saharienne, se retrouve sur le littoral maghrébin. *An. pharoensis* et *An. tenebrosus* remontent de la région tropicale le long de la vallée du Nil jusqu'en basse Egypte (20), peut-être à la faveur des irrigations. *An. dthali*, prototype des espèces sahariennes, descend jusqu'en

Figure 1.

Anophélisme en République du Niger (espèces signalées au moins une fois).
Anophelism in the Republic of Niger (species recorded at least once).



Somalie, à Djibouti (48), dans les terrains salés d'Afrique orientale. Dans le nord Niger, les espèces méditerranéennes *An. multicolor* et *An. hispaniola* sont en sympatrie avec *An. rufipes rufipes* et *An. rufipes broussesi*, mais aucune espèce ne s'aventure réellement hors de sa région. Outre cette bipolarisation de la faune, le fait écologique saillant au Niger est le déficit hydrique qui sévit depuis 1970, marqué par des sécheresses paroxystiques en 1973 et 1985 où l'écoulement du fleuve Niger a été interrompu en juin. Ce sinistre écologique a eu pour conséquence une désertification accélérée qui a décalé de 100 km au sud toutes les zones climatiques. N'Guigmi, au bord du lac Tchad en 1968, en est aujourd'hui à 100 km. Les effets du déficit hydrique sur la végétation ont été accentués par la mise en culture de nouvelles terres pour répondre aux besoins d'une poussée démographique de plus de 3 % par an. Les effets sur la faune de ces changements écologiques, s'ils sont peu connus ou moins médiatisés, n'en sont pas moins importants. Les glossines ont disparu de N'Guigmi où existait naguère un centre de traitement de la trypanosomose ; chez les anophèles, *An. funestus* a quasiment disparu (37). A l'heure actuelle, on ne peut garantir que toutes les espèces signalées au sud du Niger avant 1970 (43) y soient encore présentes ; inversement, le nombre limité de prospections n'a pas permis

de couvrir exhaustivement tout le pays et certaines espèces comme *An. pretoriensis* pourraient s'y trouver ; mais ce ne sont pas des vecteurs du paludisme et leur intérêt est moindre.

Inventaire des anophèles du Niger

Les données de la littérature et l'origine biogéographique des espèces ou sous-espèces figurent au tableau I ; les cartes 1 à 3 ont été faites selon les normes de représentation des espèces de la région africaine de l'OMS (21).

La synthèse faite en 1961 (17) se limite à *Anopheles gambiae*, *An. funestus* et *An. nili*, signalés à Niamey ; les deux premiers sont présents d'Agadez à la partie sud du pays. Après les enquêtes de 1961 à 1963 (15, 16, 38, 39, 40, 41, 42), de nouvelles études (22, 43) portent le nombre d'espèces à dix. Malgré des problèmes taxinomiques liés à la complexité d'identification de certaines espèces et des rectifications de synonymie (20), les anophèles actuellement observés au Niger appartiennent à 19 espèces et sous-espèces différentes.

Aspects analytiques de cette entomofaune

Le complexe *Anopheles gambiae*

Décrit depuis 1902, *An. gambiae* a été reconnu depuis longtemps comme un complexe d'espèces où ont été individualisées des formes d'eau saumâtre et des formes d'eau douce ; ces dernières ont été séparées en 1959 en quatre espèces morphologiquement indifférenciables. Seules deux sont présentes au Niger, en proportions variables : *An. gambiae* sensu stricto ou simplement *An. gambiae* Giles, 1902 et *An. arabiensis* Patton, 1905 (11, 12, 27, 49, 53).

Anopheles gambiae Giles, 1902

An. gambiae s.s. a été décrit sur les bords du fleuve, à Niamey (17) et à Ayourou (1), en zone sahéenne à Zinder (11) et à Tanout (11, 12), ainsi qu'en zone saharienne à Agadez (53). Il est presque toujours associé à *Anopheles arabiensis* dans des

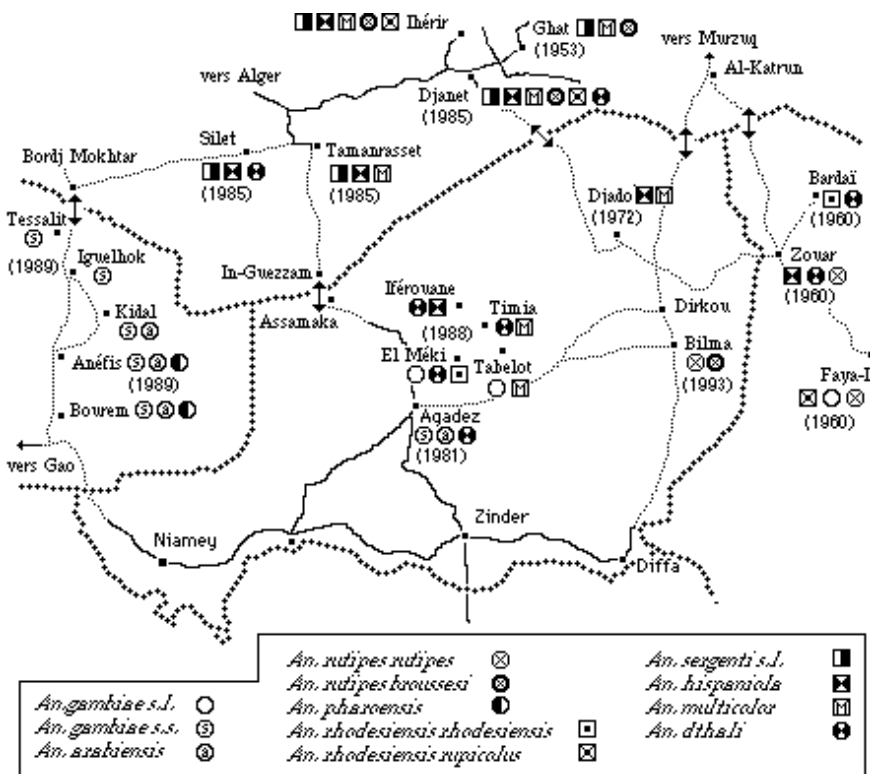
Tableau I.

Inventaire des anophèles du Niger et origine biogéographique.
Anopheles in Niger and biogeographical origin.

espèces anophéliennes	répartition biogéographique	références
<i>Anopheles gambiae</i> Giles, 1902	afrotropicale	11,12,17,20,27,43,53
<i>Anopheles arabiensis</i> Patton, 1905		11,12,20,27,53
<i>Anopheles funestus</i> Giles, 1900	afrotropicale	17,20,43,46
<i>Anopheles nili</i> (Theobald), 1904	afrotropicale	1,17,20,28
<i>Anopheles ziemanni</i> Grünberg, 1902	méditerranéenne & afrotropicale	43
<i>Anopheles flavicosta</i> Edwards, 1911	afrotropicale	15,43
<i>Anopheles pharoensis</i> Theobald, 1901	méditerranéenne & afrotropicale	22,27,43,53
<i>Anopheles rufipes rufipes</i> (Gough), 1910	afrotropicale	22,43
<i>Anopheles rufipes broussesi</i> Edwards, 1929	afrotropicale	22,43
<i>Anopheles squamosus</i> Theobald, 1901	afrotropicale	22,43
<i>Anopheles rhodesiensis</i> Theobald, 1901	afrotropicale	15,43
<i>Anopheles wellcomei</i> Theobald, 1904	afrotropicale	22,43
<i>Anopheles rivulorum</i> Leeson, 1935	afrotropicale	29
<i>Anopheles domicolus</i> Edwards, 1916	afrotropicale	22,43
<i>Anopheles maculipalpis</i> Giles, 1902	afrotropicale	22,43
<i>Anopheles dthali</i> Patton, 1905	méditerranéenne & afrotropicale	22,43,53
<i>Anopheles hispaniola</i> (Theobald), 1903	paléarctique méditerranéenne	34,51
<i>Anopheles multicolor</i> Cambouliu, 1902	paléarctique méditerranéenne	34,51
<i>Anopheles salbaii</i> Maffi & Coluzzi, 1958	afrotropicale	22

Figure 2.

Anophélisme en République du Niger et sur ses frontières sahariennes.
(3,8,34,45,48,49,53,55)
Anophelism in the Republic of Niger and on its Saharian borders.



proportions variables suivant la zone écologique : 77 % à Niamey après la saison des pluies (28), alors que sa proportion est très faible à Zinder (11). La forme Mopti, plus adaptée aux climats secs, est présente à Tessalit dans le Sahara malien (8) par 20°15' N. Elle est partout très anthropophile et endophile.

Anopheles arabiensis Patton, 1905

Il semble présent dans la plus grande partie du pays (11, 12) et a été identifié à Aderbissinat (53), à Teguidam-Tessoum et jusque dans l'Aïr, à El-Méki (49), à Kidal dans le Sahara malien (8) par 18°29' N. Ce point constitue la limite septentrionale d'extension de cette espèce. Etant donné leur similarité morphologique, il est impossible de savoir à laquelle on a affaire dans les récoltes d'avant 1960 et même plus tard, compte tenu de la difficulté de l'examen des chromosomes. La technique actuelle, par amplification génique (18), permet de différencier les deux espèces sur du matériel desséché.

Les deux espèces se reproduisent dans les collections d'eau de pluies ensoleillées et à faible végétation ainsi que dans les rizières, homologues anthropiques des gîtes naturels. Elles se développent rapidement après la mise en eau des gîtes et échappent ainsi à leurs prédateurs à développement plus lent. Les eaux permanentes ne leur conviennent guère car elles sont riches en prédateurs et la végétation crée un ombrage défavorable. Au bord des eaux permanentes, les larves d'*An. gambiae* s.l. sont le plus souvent cantonnées dans les gîtes "secondaires", comme les empreintes de pas ou de sabot ou les ornières de roue, au bord des eaux permanentes. Aucune différence n'a été décrite entre les gîtes des deux espèces jumelles.

Au Niger, la faible pluviométrie ne permet guère la constitution de gîtes en zone désertique où les eaux permanentes sont natronées (chargées de carbonate de sodium). Dans la plus grande par-

tie du pays sauf le sud, la plupart des eaux de surface disparaissent en saison sèche et *An. gambiae* s.l. est invisible pendant une partie plus ou moins longue de l'année ; le problème de la survie de l'espèce se pose en saison sèche.

Une estivation, avec dissociation gonotrophique analogue à l'hibernation d'*An. atroparvus* aux Pays-Bas, a été décrite au Soudan (44). Personne n'a confirmé ce phénomène et, au nord Cameroun (36), la proportion des dissociations gonotrophiques n'augmente pas en saison sèche. Plusieurs auteurs ont observé qu'*An. gambiae* s.l. se maintenait dans quelques points d'eau permanents en zone sahélienne (36), et même dans certains puits au Niger (28), à partir desquels il se dispersait en saison des pluies. Mais ce phénomène observé au Sahel explique difficilement la présence d'*An. gambiae* s.l. dans l'Aïr (49) avant la pluie. L'hypothèse envisagée est celle d'une migration assistée par le vent à partir de gîtes plus au sud (19) comme cela a été montré pour *Simulium damnosum*. Le vent de mousson, qui accompagne la montée du front intertropical (FIT), peut se faire sentir en juillet jusqu'au 20ème parallèle ou même plus au nord. Cette hypothèse expliquerait la présence d'*An. gambiae* dans l'Aïr, à Tessalit au Mali (8)

et dans certaines oasis comme Faya-Largeau et Kayougué au Tchad (47) et peut-être Bilma au Niger où s'est produite une épidémie de paludisme en 1991 (13) ; sa présence à Edri et Oubari en Libye (33) semble moins explicable. Mais, dans ces stations extrêmes, *An. gambiae* ne s'est pas implanté durablement, même s'il a pu y accomplir quelques cycles.

Bien que les deux espèces soient des vecteurs du paludisme, *An. gambiae*, dont l'indice sporozoïtique est généralement supérieur à celui d'*An. arabiensis* qui est, lui, plus abondant, est deux fois plus performant que le second (32) ; mais la plupart des indices rapportés le sont sans distinction d'espèce.

Anopheles funestus Giles, 1900

Cette espèce, un des trois vecteurs les plus performants dans la transmission du paludisme avec *An. gambiae* et *An. arabiensis*, a été signalée (15, 16, 17, 43) en zone soudano-sahélienne jusqu'à 14° 58' N, à Tanout et Damfon ; ses gîtes larvaires sont des marais à forte végétation dressée qui se constituent dans des bas-fonds par collection des eaux de pluie ou affleurement de la nappe phréatique. L'absence de tels biotopes et la forte minéralisation des eaux de surface limitent son extension vers le nord.

Lors des prospections plus récentes, *An. funestus* n'a plus été retrouvé (1, 28, 29, 53) ou à un très faible nombre d'exemplaires (46), au point qu'il est actuellement impossible d'en dresser une carte de répartition. Les sécheresses successives au Sahel ont entraîné une disparition de ses gîtes habituels qui ont été occupés par des périmètres maraîchers de contre-saison. Ce phénomène a été également observé au Sénégal (37). La rarefaction, voire la disparition, d'*An. funestus* est un véritable marqueur de la "saharisation". Elle a comme conséquence une diminution considérable de la prévalence du paludisme (28, 29), jusqu'à 80 % au Sénégal (37).

Anopheles nili (Theobald), 1904

Les berges ombragées des cours d'eau sont les gîtes habituels de cette espèce dont le rythme d'apparition se situe à la fin des pluies et en début de saison sèche (24). Au Niger, Ayourou (14° 45' N, 0° 51' E) est la limite nord de son aire de répartition (1). Mais cette espèce occupe la quasi-totalité du continent africain et se révèle, en Afrique Centrale, un important vecteur local du paludisme (6).

Anopheles ziemanni Grünberg, 1902

An. ziemanni et *An. coustani* ont été confondus jusqu'en 1970 et toutes les descriptions du second au Niger (25, 43) datent d'avant cette date. Probablement, seul *An. ziemanni* est présent (20), fréquent dans la frange sud de la zone soudano-sahélienne (43). Il est répandu dans tout le continent africain. C'est une des rares espèces qui se retrouvent au nord (Maroc, Tunisie, Libye) et au sud du Sahara, à condition bien sûr qu'il s'agisse d'une même espèce et non de formes morphologiquement indifférenciables. On n'a en effet jamais tenté de croisement entre ces différentes populations.

Anopheles flavicosta Edwards, 1911

Espèce de savane humide, elle a été observée à l'état larvaire au bord du fleuve à Niamey (25), essentiellement dans des flaques d'étiage ou des carrières à pisé (28), argile utilisée pour les murs des maisons.

Anopheles pharoensis Theobald, 1901

Cette espèce est fréquente en zone soudano-sahélienne jusqu'à Kao (49) par 17° 32' N. Elle a été décrite à Bourem et Anéfis au Mali par 18° 07' N (8) et au nord du Sénégal (14). Outre les étendues marécageuses, elle est l'hôte des rizières où elle se développe pendant l'épiaison et la maturation du paddy (51). Elle est en abondance dans le nord-ouest du Sénégal, dans les périmètres rizicoles sur sol salé et a même été accusée d'être le vecteur local du paludisme (14, 20, 24). *An. pharoensis* n'a pas pénétré les oasis algériennes (8) où il trouve peu de gîtes lui convenant, mais il réapparaît dans le delta du Nil en Egypte où l'on ne sait s'il est une survivance du pluvial ou un élément d'introduction récente avec l'irrigation.

Anopheles rufipes rufipes (Gough), 1910

Elle est répandue au Niger, au sud du 14ème parallèle ; au nord, cette espèce d'eau douce se retrouve à Kao (49) et à Bilma par 18°41' N. Elle a été signalée dans la palmeraie du Borkou, près de Faya-Largeau au Tchad (47).

An. rufipes broussesi Edwards, 1929 (subsp. seneveti et var. brucechwatti)

Sous-espèce d'eau douce retrouvée à Bilma, elle serait une forme septentrionale de la forme type (22) avec qui elle est sympatrique en zone de savane arborée (e.g. à Gaya). Elle colonise les puits abandonnés et se retrouve à Faya-Largeau au Tchad (47), à El-Barka près de Ghat en Libye (55) ou dans les oasis du sud algérien, à Djanet, Ihérir ou Arak (45). Mais elle reste saharienne et ne remonte pas au Maghreb. Cet anophèle et sa sous-espèce sont strictement zoophiles, piquant surtout le boeuf, et ne sauraient être impliqués dans la transmission du paludisme.

Anopheles rhodesiensis Theobald, 1901

An. rhodesiensis rhodesiensis a été rapporté dans l'Air, à El Méki (24), mais aussi dans l'Adrar mauritanien (23). Vu sa répartition en Afrique, il est probable qu'il se trouve dans tout le pays. La sous-espèce *An. rhodesiensis rupicolus* Lewis, 1937 a été rapportée à Djanet (4) et Ihérir en Algérie (45), ainsi qu'à Faya-Largeau au Tchad (47).

Anopheles squamosus Theobald, 1901

Cette espèce, dont les larves supportent mal les eaux saumâtres, n'a été rapportée que dans deux stations au Niger : Birni N'Konni (22) et Tessaoua (53).

Anopheles wellcomei Theobald, 1904

Espèce de zone soudanienne et de forêt, elle est rare au Sahel, sinon le long de cours d'eau : elle a été collectée en 1968 à N'Guigmi (43) et, en 1994, à Diffa. Elle a donc persisté après l'assèchement du lac Tchad.

Anopheles domicolus Edwards, 1916

Espèce des savanes humides, elle n'a été collectée qu'une seule fois à l'extrême ouest du Niger, à la frontière malienne en 1966 (25).

Anopheles maculipalpis Giles, 1902

Classiquement absente du Sahel, elle a été rapportée à Birni N'Konni une seule fois en 1966 (25) et s'observe en Mauritanie et dans l'ouest du Sénégal (14).

Anopheles rivulorum Leeson, 1935

Espèce à large diffusion africaine, elle appartient au groupe *An. funestus*, dont elle est difficile à différencier ; elle a été identifiée lors d'une récolte de larve à Bosso en 1994 ; sa présence à Niamey est également suspectée.

Anopheles salbaili Maffi & Coluzzi, 1958

Espèce des eaux sursalées, elle a été décrite en Somalie par 3° 40' N et en Erythrée (20) ; sa découverte à Guidimouni dans un gîte d'eau douce (22), confirmée trois années de suite (25), est singulière. Elle illustre la possibilité de dispersion d'espèces dans des biotopes écologiques dissemblables (zone climatique comparable, mais gîtes très différents).

Anopheles dthali Patton, 1905

Espèce saharienne, elle colonise tout l'Air et Agadez (43) par 17° 00' N qui est sa station la plus méridionale au Niger, mais, en Afrique de l'Est, elle descend jusqu'en sud Somalie et Djibouti (48). En sympatrie avec des espèces afrotropicales et/ou méditerranéennes (25), elle atteint au nord la limite du désert (Tunisie, Sinaï, Arabie et Yémen) ; elle occupe d'ouest en est la frange méridionale du Sahara : Zouar et Bardai au Tchad (47), Arak et le Hoggar en Algérie (10), Atar en Mauritanie (23). Les larves se développent dans les eaux minéralisées des gueltas.

Anopheles hispaniola (Theobald), 1903

Espèce paléarctique méditerranéenne, elle se rencontre à Djado (34) et à Iférouane (49) par 19° 06' N, ce qui constitue sa limite d'extension méridionale. Elle colonise pratiquement toutes les oasis du Sahara algérien (26, 45) et a également été décrite à Zouar au Tchad (47), sans preuve d'un rôle vecteur.

Anopheles multicolor Cambouliu, 1902

Il a été trouvé à Djado (34) et dans l'Aïr, à Timia et Tabelot (49), par 17° 39' N, ce qui est sa limite méridionale. Il supporte des taux importants de salinité et s'est même adapté aux eaux polluées ; il se retrouve dans les eaux natronées des palmeraies, à Ghat et Al-Katroun en Libye (55), à Djanet, Ihérir, Tit et Tamanrasset en Algérie (26). Sa capacité vectrice reste controversée (4). Mis en cause dans certains paludismes d'oasis (31) sans avoir jamais été trouvé infecté, la découverte ultérieure du vecteur *An. sergenti* laisse planer un doute sur sa responsabilité effective.

Anopheles sergenti Theobald, 1907

Anopheles sergenti est répandu dans les régions arides et semi-arides. Ses gîtes habituels sont des gîtes d'eau douce, avec ou sans ombre ou végétation ; il s'agit aussi bien de puits, de ruisseaux que de canaux d'irrigation des oasis (45). *An. sergenti*, d'affinité méditerranéenne, est répandu du Maroc à la vallée du Jourdain où il transmettait le paludisme aux Bédouins nomades et se réfugiait le jour dans les grottes. Mais il ne semble pas être vecteur au Maroc et en Tunisie.

An. sergenti, présent au sud algérien (45) et vecteur probable des épidémies d'oasis de Timimoun, de Djanet (5) et d'Ihérir (31), rapporté à Ghat en Libye (55) sans que le paludisme y soit transmis, n'a jamais été récolté au Niger, mais pourrait y être présent.

Anopheles macmahoni Evans, 1936

Longtemps confondu avec la précédente espèce dont il se sépare par la morphologie larvaire, d'affinité tropicale, zoophile et sans qualité vectrice, il occupe la frange sahélienne (20) ; il n'a jamais été trouvé au Niger mais sa présence y est possible.

Discussion

Le rôle du Sahara comme barrière écologique a été largement évoqué dans l'introduction. Le Sahara sépare les zones très impaludées du Sud des prolongements sahariens des Etats maghrébins et égypto-libyen.

La dispersion des Culicidés grâce au trafic routier a été démontrée au Sahara algérien (2). Le risque d'une invasion du sud algérien par *An. gambiae* s.l. à la faveur de l'ouverture d'une route transsaharienne rapide a été sérieusement envisagé (9, 53) avec des perspectives pessimistes (45). En fait, quatre routes existent depuis longtemps, par la Mauritanie à l'ouest, le Mali (Gao - Bordj-Mokhtar - Colomb-Béchar ou Tamanrasset) et le Niger (Agadez - Tamanrasset, Agadez - Bilma - Djanet ou Al-Katroun en Libye) ; récemment, la piste Faya-Largeau - Zouar vers Al-Katroun a repris du service. Des lignes régulières rapides de cars de passagers ont fonctionné entre Alger, Tamanrasset, Agadez et N'Djaména ; des lignes aériennes régulières, assurées par de petits avions non désinsectisés, ont desservi jusqu'en 1960 les oasis à partir de Gao, Zinder, Tamanrasset et Alger.

Il n'est guère pensable qu'*An. gambiae* s.l. n'ait pas été importé en Algérie. S'il n'a pas fait souche, c'est que le milieu ne lui convenait pas ; étant donné que rien n'a changé depuis cette époque, sinon que les liaisons sont moins fréquentes, il n'est pas justifié d'être alarmiste.

An. gambiae a d'ailleurs pénétré plusieurs fois l'aire méditerranéenne. En Egypte, il en a été éliminé en 3 ans (54). Mais on peut penser que cette implantation n'était pas stable car les mêmes mesures de lutte efficaces en Egypte n'ont eu que peu d'effet en Afrique tropicale. L'hiver constitue une période critique pour les espèces tropicales ; le bilan du passage d'espèces afrotropicales dans la région méditerranéenne est très limité, aussi bien en ce qui concerne les anophèles, comme il a été montré

plus haut, que pour les culicidés : *Culex univittatus*, présent au nord Tchad (48) a été rapporté à Ghat en Libye (55) et en Egypte et *Culiseta longiareolata*, collecté à Bilma et au Tibesti au Tchad (47), a été retrouvé également à Ghat (55).

Le deuxième point est la survenue d'épisodes de paludisme épidémique dans les oasis isolées (5, 30, 31). A Bilma, une épidémie avait été déclarée en 1958, puis de nouveau une autre en 1991 (13). Lors de notre prospection en 1995, il n'y avait aucun vecteur, malgré la création d'un lac d'eau douce captive à la suite d'un forage profond incontrôlé ; l'absence de troupeaux dans cette palmeraie évite cependant les empreintes de sabot. Sur le plan parasitologique, un seul enfant de 7 ans (1/278) était porteur de gamétocytes de *Plasmodium falciparum*, 38 % (55/146) avaient une sérologie en immunofluorescence indirecte supérieure ou égale au 1/160 et l'échantillon total, tous âges confondus, un taux moyen géométrique d'anticorps anti-paludiques de 20,2. Ce résultat infirme une endémisation éventuelle du paludisme et ne montre qu'une cicatrice sérologique récente. Ainsi, la transmission n'a pas dû se produire depuis l'épisode épidémique de 1991 (13).

Tout ceci plaide en faveur d'introductions ponctuelles du vecteur, peut-être à l'occasion de remontées du FIT au-dessus du 20ème parallèle certaines années, de son implantation temporaire, puis de sa disparition. De telles migrations avaient été évoquées pour *An. phaoensis* (19). Les lacs du type de Bilma conviennent mal à *An. gambiae* s.l.; ces milieux équilibrés sont en effet riches en prédateurs susceptibles de limiter la densité et même la présence du vecteur.

Ainsi la présence d'*An. gambiae*, signalée dans la région de Ghat en Libye (33), n'a jamais été confirmée (26) ; il en a été de même à Faya-Largeau en 1960 (47), mais il n'a pas été retrouvé l'année suivante (52).

Conclusion

Les difficultés de circulation dans les zones désertiques ne permettent pas de réaliser d'études suivies de la dynamique des vecteurs et donc la vérification des hypothèses formulées sur leurs déplacements.

En l'état actuel du trafic transsaharien, le risque d'implantation du principal vecteur afrotropical dans le Sud-algérien (3) reste très limité. Mais en cas de revêtement de cet axe, l'augmentation du trafic pourrait favoriser de nouvelles implantations humaines susceptibles, du fait de leurs activités en liaison avec l'eau, de fournir des relais favorables pour des implantations ponctuelles des vecteurs africains. Les forages artésiens, qui atteignent des nappes profondes, captives, d'eau douce peu minéralisée, ne présentent un risque que s'ils sont mal contrôlés ou utilisés pour l'irrigation (2). Mais l'utilisation qui est faite des eaux de surface peut majorer le risque, comme c'est probablement le cas à Djibouti.

La sécheresse a diminué la prévalence du paludisme et donc la prémunition de la population ; des précipitations très fortes et prolongées, des aménagements hydrauliques (barrage) ou hydroagricoles de l'environnement (grande irrigation) peuvent retourner la situation et être à l'origine d'épisodes épidémiques dramatiques dans une population devenue vulnérable. Ce risque doit rester présent à l'esprit dans la perspective d'un développement de ces régions.

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., LE MASSON JJ, MOLEZ JF & MICHAULT A.

Références bibliographiques

1. BAUDON D, CARNEVALE P, ROBERT V, PEYRON F, SIBI SONA L & GNIMINOU L - Etude épidémiologique du paludisme dans la région de Tillabéri (nord-ouest du Niger). *Méd Afr Noire*, 1986, **33**, 281-290.
2. BENABADJI M & LARROUY G - Evolution de la faune culicidienne d'une nouvelle oasis au Sahara. *Bull Soc Hist nat Afr Nord*, 1969, **60**, 7.
3. BENZERROUG EH - *Rapport final*, Séminaire sur l'épidémiologie et le contrôle du paludisme dans les pays riverains du Sahara, Alger, 1989, 9 p.
4. BENZERROUG EH & JANSSENS PG - La surveillance du paludisme au Sahara algérien. *Bull Soc Path Ex*, 1985, **78**, 859-867.
5. BROUSSES A - Contribution à l'étude du paludisme en région saharienne. Observations recueillies à Djanet au cours de l'épidémie de 1928-1929. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 1930, **8**, 77-85.
6. CARNEVALE P, LE GOFF G, TOTO JC & ROBERT V - *Anopheles nili* as the main vector of human malaria in villages of southern Cameroun. *Med Vet Ent*, 1992, **6**, 135-138.
7. CARNEVALE P, ROBERT V, MOLEZ J-F & BAUDON D - Faciès épidémiologiques des paludismes en Afrique subsaharienne. *Etudes Médicales*, 1984, **3**, 123-133.
8. CHAUVET G - *Potentiel de transmission du paludisme dans la zone saharo-sahélienne de la route trans-saharienne et de ses accès*, Rapp. intérimaire Projet OMS/TDR/Fieldmal n° 870441, 1989, *doc. non publié*, 15 p.
9. CHAUVET G, BENZERROUG EH, DJIBO A, DOUMBO O, ROBERT V & TOURE Y - Potentiel de transmission du paludisme dans la zone saharo-sahélienne de la route trans-saharienne et de ses accès. *Bull Soc Fr Parasito*, 1990, **8** (Suppl. 2), 724.
10. CLASTRIER J & SENEVE G - Les moustiques du Sahara Central. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 1961, **39**, 241-253.
11. COLUZZI M, SABATINI A, PETRARCA V & DI DECO MA - Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 1979, **73**, 483.
12. COZ J - Contribution à l'étude du complexe *A. gambiae*. Répartition géographique et saisonnière en Afrique de l'Ouest. *Cah ORSTOM, sér Ent méd et Parasitol*, 1973, **11**, 3-31.
13. DEVELOUX M, CHEGOU A, PRUAL A & OLIVAR M - Malaria in the oasis of Bilma, Republic of Niger. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 1994, **88**, 644.
14. DIAGNE N, FONTENILLE D, KONATE L, FAYE O, LAMIZANA MT et al. - Les anophèles du Sénégal. Liste commentée et illustrée. *Bull Soc Path Ex*, 1994, **87**, 267-277.
15. DYEMKOUA A - *Compte-rendu de la mission effectuée dans le centre de la République du Niger. Régions d'Agadez, Tahoua et Zinder, 2 au 29 octobre 1961*, O.C.C.G.E., n° 066, 1961.
16. DYEMKOUA A - *Compte-rendu de la mission effectuée dans le centre de la République du Niger. Régions de Tahoua et Zinder, 15 mai au 3 juin 1963*, O.C.C.G.E., n° 240, 1963.
17. ESCUDIE A & HAMON J - Le paludisme en Afrique Occidentale d'expression française. *Méd Trop*, 1961, **21**, 661-687.
18. FONTENILLE D, FAYE O, KONATE L, SY N & COLLINS FH - 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.
19. GARRET-JONES C - A dispersion of mosquitoes by wind. *Nature*, 1950, **165**, 285.
20. GILLIES MT & de MEILLON B - The *Anophelinae* of Africa south of the Sahara (Ethiopian zoogeographical region), 2nd ed. *Sth African Institute for Medical Research*, Johannesburg, 1968, 343 p.
21. GILLIES MT, HAMON J, DAVIDSON G, de MEILLON B, MATTINGLY PF & GRANET J - Guide d'entomologie appliquée à la lutte antipaludique dans la région africaine de l'O.M.S. O.M.S., Brazzaville, 1961, 219 p.
22. HAMON J, DYEMKOUA A & OUEDRAOGO CS - Présence en Afrique Occidentale d'*Anopheles argenteolobatus* et d'*A. sal-baii* et nouvelles localités pour *A. dthali* et *A. rufipes* var. *brucechwatti*. *Bull Soc Path Ex*, 1963, **56**, 309-313.
23. HAMON J, MAFFI M, OUEDRAOGO CS & DJIME D - Notes sur les moustiques de la République Islamique de Mauritanie. *Bull Soc Ent Fr*, 1964, **6**, 233.
24. HAMON J & MOUCHET J - Les vecteurs secondaires du paludisme humain en Afrique. *Méd Trop*, 1961, **21**, 643-660.
25. HAMON J, SALES S, COZ J, ADAM JP, HOLSTEIN M et al. - Contribution à l'étude de la répartition des anophèles en Afrique Occidentale. *Cah ORSTOM, Sér Ent Méd et parasitol*, 1966, **6**, 13-70.
26. HOLSTEIN M, Le CORROLLER Y, ADDADI K & GUY Y - Contribution à la connaissance des Anophèles du Sahara. *Arch Inst Pasteur Algérie*, 1970, **48**, 7-15.
27. JULVEZ J, DEVELOUX M, MOUNKAILA A & MOUCHET J - Diversité du paludisme en zone sahélo-saharienne. Une revue à propos de la situation au Niger (Afrique de l'Ouest). *Ann Soc belge Méd Trop*, 1992, **72**, 163-177.
28. JULVEZ J, MOUCHET J, MICHAULT A, FOUTA A & HAMIDINE M - Eco-épidémiologie du paludisme à Niamey et dans la vallée du fleuve, République du Niger, 1992-1995. *Bull Soc Path Ex*, 1997, **90**, 94-100.
29. JULVEZ J, MOUCHET J, MICHAULT A, FOUTA A & HAMIDINE M - Le paludisme dans l'est sahélien du Niger. Une zone écologiquement sinistrée. *Bull Soc Path Ex*, 1997, **90**, 101-104.
30. LARROUY G, LEFÈVRE-WITIER P & SEGUÉLA JP - Note sur le paludisme chez les nomades du Sahara méridional. *Bull Soc Path Ex*, 1974, **67**, 200-202.
31. LEFÈVRE-WITIER P - Sur le paludisme au Tassili n'Ajjer (Sahara central), Algérie. *Bull Soc Path Exot*, 1968, **61**, 596-605.
32. LE MASSON JJ, FONTENILLE D, LOCHOUARN L et al. - Comparison of behaviour and vector efficiency of *Anopheles gambiae* and *Anopheles arabiensis* in Barkedji, sahelian area of Senegal. *J Med Ent*, 1997, **34**, 390-403.
33. LODATO G - Campagna antimalaria nel Fezzan : Ubari-Edri. Bonifica del terreno e terapia endovenosa. *Arch Ital Sci Med Col Parassito*, 1935, **16**, 299-310.
34. MAGNAVAL JF - *Etude anthropobiologique d'une population nigérienne. Les Toubbou du nord-est*. Thèse Médecine n° 79, Toulouse, 1972, 116 p.
35. MOUCHET J, CARNEVALE P, COOSEMANS M, FONTENILLE D, RAVAONJANAHARY C et al. - Typologie du paludisme en Afrique. *Cah Santé*, 1993, **3**, 220-238.
36. MOUCHET J & CAVALIE P - L'irritabilité au DDT d'*Anopheles gambiae* et d'*A. funestus* dans le Nord-Cameroun. *Riv Malariol*, 1961, **40**, 191-218.
37. MOUCHET J, FAYE O, JULVEZ J & MANGUIN S - Drought and malaria retreat in the Sahel, West Africa. *Lancet*, 1996, **348**, 1735-1736.
38. OCCGE - *Sondages paludométriques effectués dans la région de Tahoua du 28 mars au 10 avril 1961*. Rapport n° 2506, Bobo-Dioulasso, 1961.
39. OCCGE - *Sondages paludométriques effectués dans la région d'Agadez du 8 mai au 14 octobre 1962*. Rapport n° 1794, Bobo-Dioulasso, 1962.
40. OCCGE - *Sondages paludométriques effectués dans la région de Zinder du 16 au 20 octobre 1962*. Rapport n° 1796, Bobo-Dioulasso, 1962.
41. OCCGE - *Rapport sur les sondages paludométriques effectués en République du Niger dans la région de Tahoua du 15 au 23 mai 1963*. Rapport n° 36, Bobo-Dioulasso, 1963, 10 p.
42. OCCGE - *Rapport sur les sondages paludométriques effectués en République du Niger dans la région de Zinder du 26 mai au 3 juin 1963*. Rapport n° 37, Bobo-Dioulasso, 1963, 12 p.
43. OCHRYMOWICZ JW, BAKRI GE & HUDLESTON MJA - Rapport sur la prospection faite en vue d'une action antipaludique au Niger, juin-novembre 1968, AFR/MAL/106. O.M.S. Brazzaville, 1969, *Doc. non publié*, 62 p.
44. OMER SM & CLOUDSLEY-THOMPSON JL - Survival of female *Anopheles gambiae* Giles through a nine-month dry season in Sudan. *Bull OMS*, 1970, **42**, 319-330.
45. RAMSDALE CD & de ZULUETA J - Anophelism in the Algerian Sahara and some implications of the construction of a trans-Saharan highway. *J Trop Med Hyg*, 1983, **86**, 51-58.
46. RATARD R, MANGUIN-GAGARINE S & WHITE M - *Niger : Plan de renforcement de la capacité d'étude et de contrôle du paludisme*. VBC/USAID n° 81259AD, 1991, 130 p.
47. RIOUX JA - Contribution à l'étude des culicidés (*Diptera, Culicidae*) du Nord-Tchad. In : RIOUX JA - Mission épidémiologique au Nord-Tchad, *Arts & Métiers Graphiques*, Etampes, 1960, pp. 53-92.
48. RODHAIN F, CARTERON B & MORVAN D - Les Culicidés du Territoire Français des Afars et des Issas. I. Le genre *Anopheles*. *Bull Soc Path Ex*, 1977, **10**, 302-308.
49. ROBERT V - *Potentiel de transmission du paludisme dans la zone saharo-sahélienne de la route trans-saharienne et de ses accès (secteur Niger)*. Rapport préliminaire, 1988, 5 p.
50. ROBERT V & CARNEVALE P, Les vecteurs des paludismes en Afrique subsaharienne. *Etudes Méd.*, 1984, **2**, 79-90.
51. ROBERT V, OUARI B, OUEDRAOGO V & CARNEVALE P - Etude écologique des *Culicidae* adultes et larvaires dans une rizière en Vallée du Kou, Burkina Faso. *Acta tropica*, 1988, **45**, 351-359.
52. SAUGRAIN J & TAUFFLIEB R - Anophélisme sans paludisme au Nord Tchad. *Bull Soc Path Ex*, 1960, **53**, 150-152.
53. SMITH SDM - 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.
54. SHOUSA AT - The eradication of *A. gambiae* from Upper Egypt, 1942-1945. *Bull OMS*, 1948, **1**, 309.
55. VERMEIL C - Contribution à l'étude des *Culicidés* du Fezzan (Libye). Présence d'*Anopheles broussesi* E. à El Barka (Territoire de Rhat). *Bull Soc Path Ex*, 1953, **46**, 445-454.