

Espace urbain et risque anophélien à Pikine (Sénégal)

Gérard Salem, Fabrice Legros, Evelyne Lefebvre-Zante, Gora Ndiaye, Hilaire Bouganali, Pape Ndiaye, Assane Badji, Jean-François Trape

Après des décennies de lutte contre le paludisme et ses vecteurs [1], cette maladie reste un problème majeur de santé publique en Afrique [2]. L'urbanisation massive et brutale de l'Afrique de l'Ouest ces dernières années a largement modifié les données du problème posé aux pays en développement. Si les niveaux d'endémicité palustre sont en milieu urbain plus faibles qu'en milieu rural, l'hétérogénéité spatiale et sociale des villes africaines est telle que les facteurs de risque de « paludisme-infection » et de « paludisme-maladie » se combinent différemment dans les sous-ensembles urbains. Dans le cadre d'une recherche plus large sur les relations entre urbanisation et santé sur la ville de Pikine (Sénégal) [3], créée *ex nihilo* en 1952 à la périphérie de Dakar [4], des études entomologiques et épidémiologiques sur le paludisme ont été menées [5, 6]. Le présent article de géographie de la santé porte plus spécifiquement sur les relations entre risque de transmission et dynamique spatiale.

Objectifs

L'épidémiologie du paludisme trouve en zone urbaine des formes particulières qui

G. Salem, P. Ndiaye, A. Badji: Programme urbanisation et santé. GIP Reclus-Orstom, 17, rue Abbé-de-l'Épée, 34000 Montpellier, France.
F. Legros, E. Lefebvre-Zante, G. Ndiaye, H. Bouganali, J.-F. Trape: Laboratoire de Paludologie, Orstom, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Tirés à part: G. Salem

tiennent à la fois à des conditions naturelles spécifiques et à des modifications des modes de vie. Les situations asiatiques et africaines sont différentes.

En Asie, Covell [7], dans ses études des villes de Bombay, Calcutta et Bangalore entre 1928 et 1949, avait montré que l'épidémie de 1930-1935 à Bombay était due aux citernes d'eau et aux gouttières bloquées qui constituaient des gîtes de choix pour *Anopheles stephensi*. Une législation stricte, imposant la protection des citernes et une politique d'approvisionnement en eau de la périphérie urbaine, eut des résultats positifs. À Calcutta, *Anopheles sudaicus* avait envahi les parties orientales de la ville en raison du voisinage de marais salants et de nombreux étangs de pisciculture, gîtes favorables à ces anophèles. Le même phénomène a été observé à Hô Chi Minh-Ville [8], à Java et à Sumatra [9]. L'élimination d'une partie de la végétation aquatique a partiellement résolu le problème en Indonésie quand on a combiné cette élimination avec l'utilisation de poissons larvivores. À Karachi, les problèmes de paludisme ont été directement liés à l'urbanisation incontrôlée: dans les années 60-70, le paludisme a atteint 10 à 20% de la population de la ville (soit entre 400 000 et 800 000 habitants!), particulièrement en périphérie*. C'est dans ces zones que les anophèles trouvent le plus de gîtes, même dans des flaques d'eau fortement polluées par des déchets organiques**.

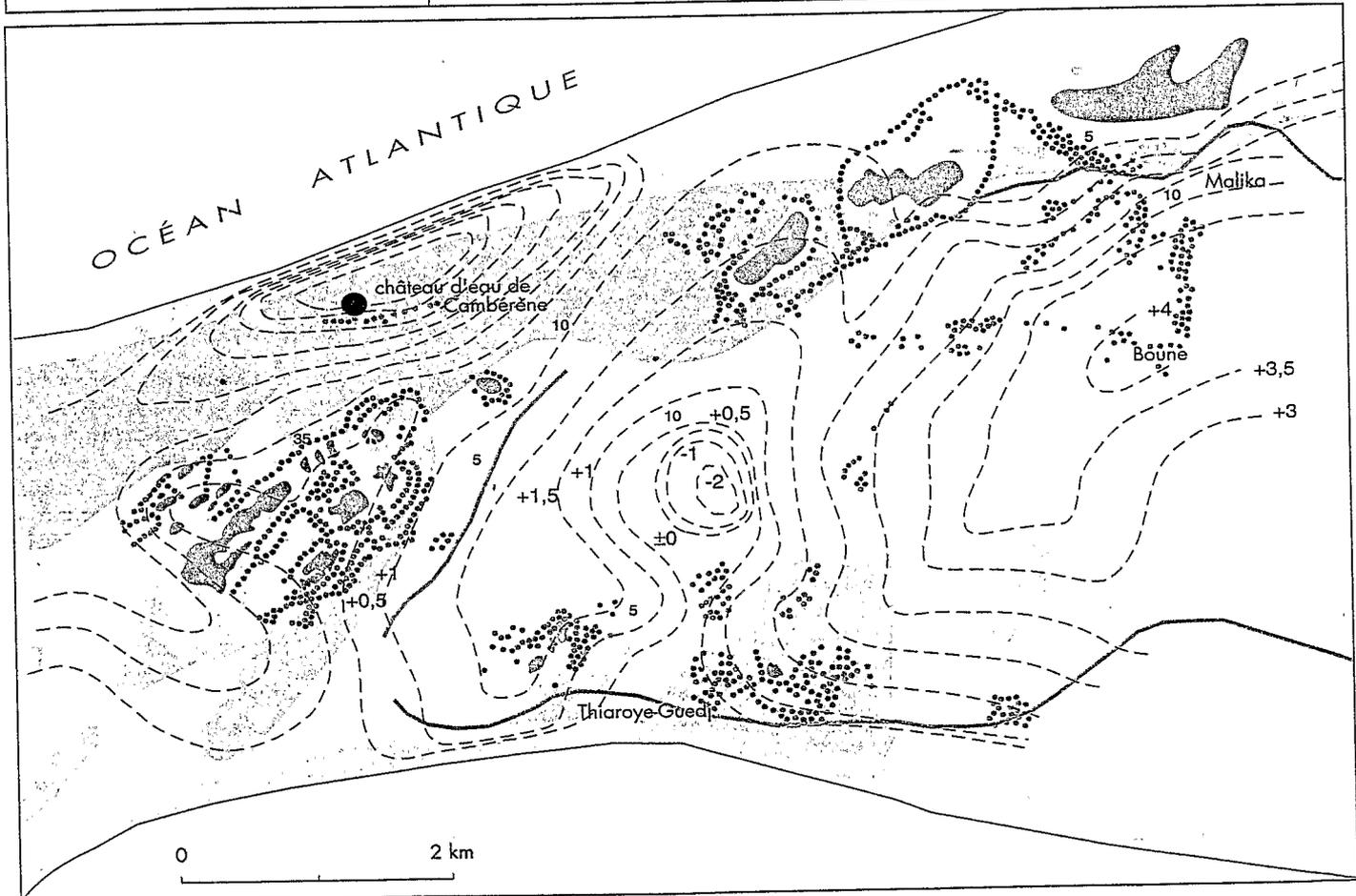
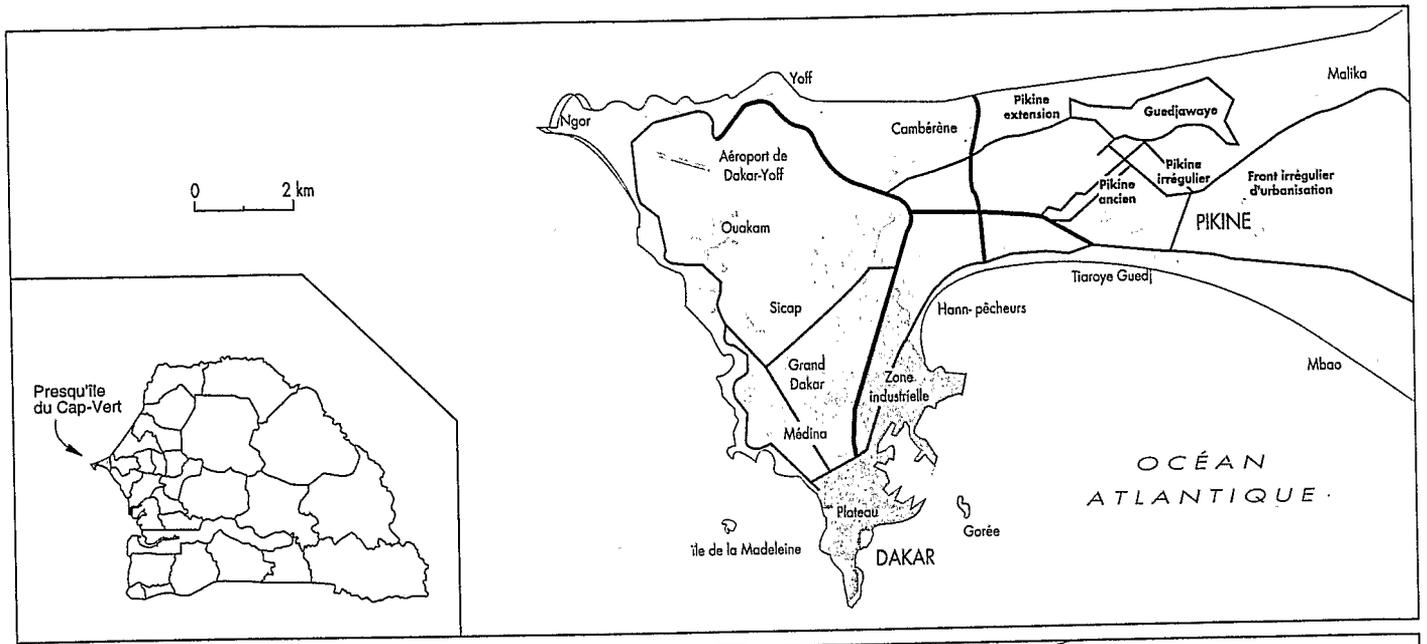
Des études menées dans différentes villes d'Afrique [9-17], il ressort que le processus d'urbanisation tend à supprimer les gîtes à anophèles par la conquête progres-

sive des terrains de culture, le comblement des points d'eau et par la pollution des réservoirs d'eaux résiduelles peu favorables aux vecteurs du paludisme**. La croissance spatiale se combinant avec un processus de densification des zones urbanisées, un usage croissant de moustiquaires et de produits de lutte contre les moustiques (encens, bombes insecticides, serpentins, etc.), un phénomène de dilution des piqûres est à l'origine d'acquisitions tardives d'immunité et donc de formes cliniques graves de paludisme [15, 16], d'autant plus inquiétantes que des problèmes de résistance aux traitements courants apparaissent [18, 19].

Toutes les recherches récentes menées en Afrique soulignent le rôle d'*Anopheles gambiae* s.l. dans les villes et la nécessité de prendre en compte la diversité intra-urbaine. À Ouagadougou [20, 21], Bobo-Dioulasso [11, 22, 23], Brazzaville [16], Cotonou [24], Yaoundé [17, 25], Kinshasa [26], Banjul [27], l'étude comparative de quartiers combinant différemment les facteurs favorisant ou défavorisant le développement anophélien a permis de mettre en évidence des différences importantes de faunes anophéliennes, de taux d'inoculation et de

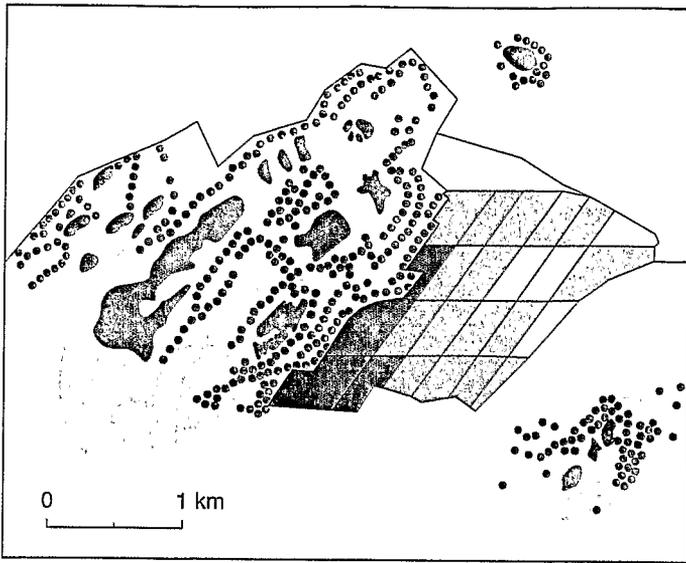
* L'infestation a été telle que la compagnie Pan Am aurait décidé de transférer le lieu de changement d'équipage de Karachi à Bangkok [9].

** Des auteurs [9, 27] signalent toutefois avoir trouvé des anophèles, d'autres espèces il est vrai, dans des réservoirs d'eaux fortement chargées en matières organiques et détritiques divers. Ce qui est confirmé par des observations faites à Pikine et à Djibouti.



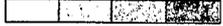
- | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--|--------------------|--|--|--|------------------------------------|
| | Dunes vives et plages | | Sables de "Pikine" | | Extension inondée en saison des pluies | | Courbes isopièzes (oct. 1963) |
| | Formations lagunaires | | Sables humifères | | Niayes permanentes | | limite connue de front salé (1964) |
| | Sables de "Cambérène" | | | | Céanes permanentes | | Cote IGN |

Figure 1. La presqu'île du Cap Vert et le site de Pikine.
Figure 1. The Cap Vert peninsula and the situation of Pikine.

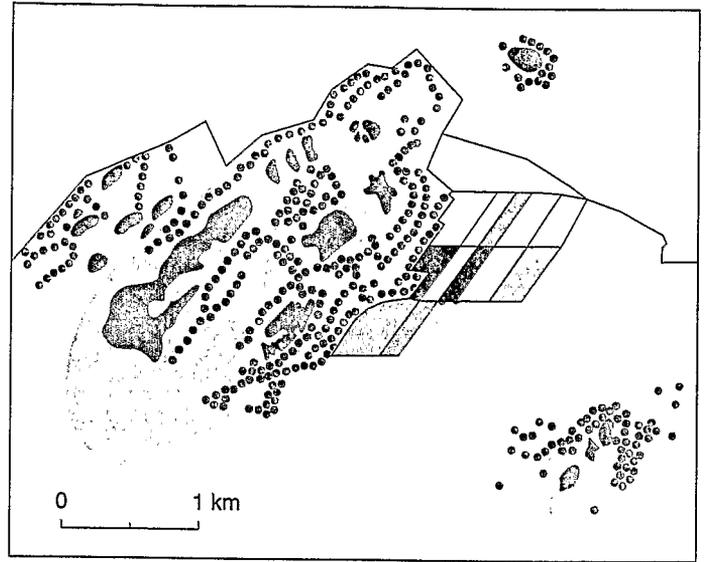


Densités moyennes annuelles d'*Anopheles gambiae s.l.* femelles par parcelle

0,3 0,96 4,6 8,6 13,8

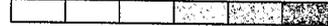


Ville hors zone d'étude

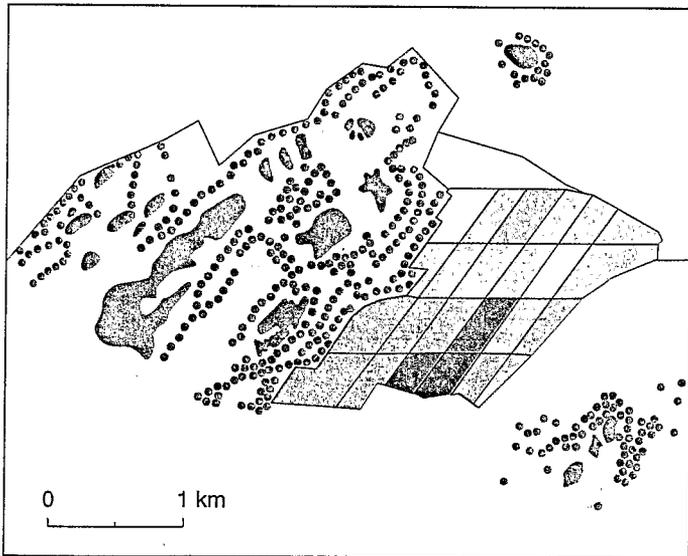


Prévalence annuelle de gouttes épaisses positives en saison sèche (écoliers de Pikine ancien au moins une fois positifs)

8 9,6 25 29,3 40 41,4 45 %

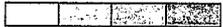


Ville hors zone d'étude

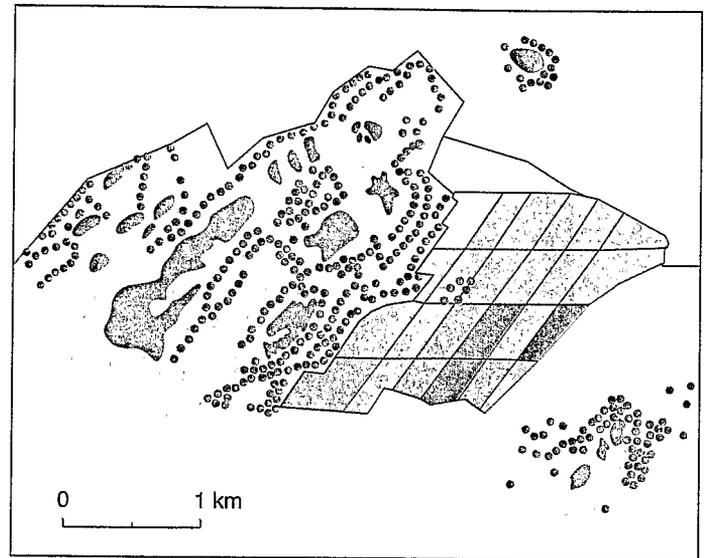


Densités moyennes annuelles de moustiques femelles hors anophèles par parcelle

14,8 17,4 31,9 46,4 67

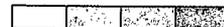


Ville hors zone d'étude



Densités moyennes annuelles de moustiques hors anophèles par parcelle

11,5 19,2 42,2 65 115



Ville hors zone d'étude

● Céanes

○ Niayes permanentes

Extensions inondées en saison des pluies

Figure 2. Anophèles et paludisme à Pikine Ancien en 1987.

Figure 2. *Anopheles* and malaria in Pikine, 1987.

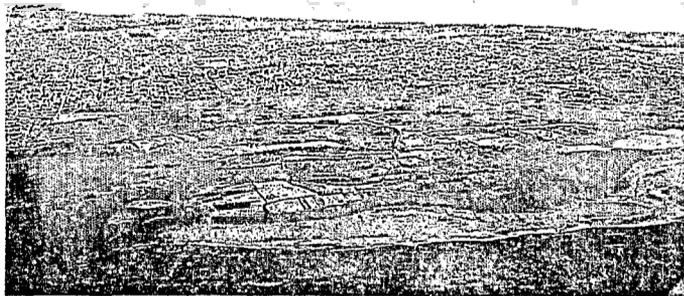


Photo 1. Au premier plan la grande niaye de Pikine et, au fond, les quartiers de Pikine Ancien.

Plate 1. Foreground, the large marsh of Pikine, background, the « Old Pikine ».

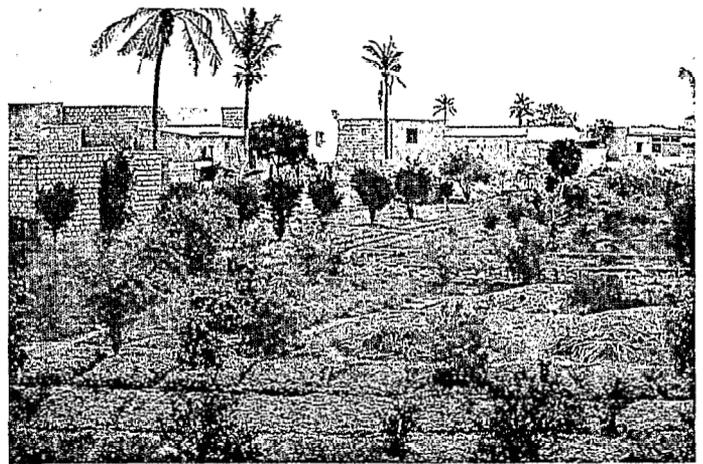


Photo 2. La proximité d'activités agricoles et de collections d'eau permanente dans les quartiers de Pikine Ancien.

Plate 2. The proximity of rural activities with permanent marshes in the oldest part of Pikine.

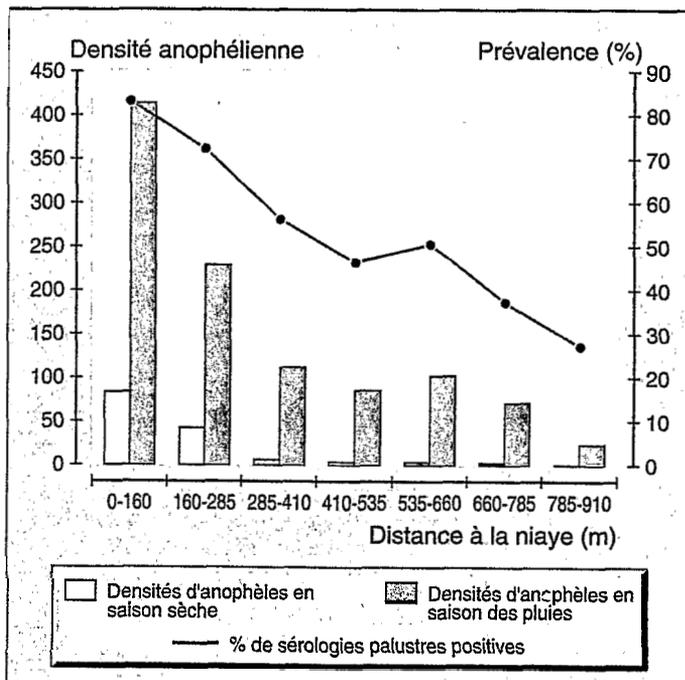


Figure 3. Densité anophélienne, sérologie palustre et distance à la niaye.

Figure 3. *Anopheles* density, malaria-serology and proximity to the marsh.

précocité de la première infection. À Bobo-Dioulasso, on a mis en évidence des différences de cytotypes chromosomiques d'une même espèce d'anophèle selon le type d'environnement urbain [28] ! Il apparaît en outre que des espèces d'anophèles qu'on croyait bien connaître se révèlent capables de modifications de comportement importantes. Ainsi, Coluzzi [29] a montré l'endophilie croissante des anophèles de Benin City, et Vercruyssen et Janloes [10] l'antropophilie quasi exclusive d'*Anopheles arabiensis* à Pikine.

Compte tenu des facteurs naturels (climat, site, etc.) et du contexte socio-politique (niveau de développement, législation, etc.), la dynamique de l'endémie palustre semble donc directement liée aux types d'urbanisation. Dans notre perspective de géographe, il s'agit de construire l'espace géographique du paludisme, c'est-à-dire d'identifier, aux différentes étapes de la croissance de la ville, les sous-espaces urbains où les facteurs de risques (réservoirs d'eau, densités de population, niveaux de vie, type d'habitat) se combinent de façon spécifique. Cette recherche a pour double objectif de montrer le lien entre croissance urbaine et risque de transmission du paludisme, et, sinon de hiérarchiser, de typer les espaces à risques.

Matériaux et méthodes

La ville de Pikine est située à 14° 40' de latitude nord et 17° 20' de longitude ouest. Ville sahélo-soudanienne, elle

Tableau 1

Densité d'*Anopheles arabiensis* femelles et distance à la niaye

Distance à la niaye (m)	Nombre d' <i>An. arabiensis</i> (femelles) pour 100 chambres	
	Saison sèche	Saison des pluies
0-160	84	414
160-285	40	229
285-410	5	110
410-535	2	84
535-660	2	99
660-785	0,4	69
785-910	0	21

Female *Anopheles arabiensis* density and distances from the marsh

connaît une longue période de saison sèche, allant grossièrement du mois d'octobre au mois de juillet, puis une saison pluvieuse, avec des précipitations de l'ordre de 300 mm ces dernières années. Les amplitudes thermiques et hygrométriques annuelles, mesurées en cinq points de la ville pendant une année, sont importantes: minima nocturnes de 10 à 31 °C, maxima diurnes de 14 à 39 °C, hygrométrie relative à 8 heures de 30 à 100 % et à 15 heures de 26 à 100 %.

Pour établir la géographie du risque anophélien, nous avons procédé à une cartographie des collections d'eaux et à un examen de la faune matinale résiduelle intra-domiciliaire.

La cartographie a été réalisée sur l'ensemble de la ville pour 1958, 1968 et

1980 par interprétation des missions photo-aériennes; la carte de 1986 a été établie à partir de relevés de terrains et de l'analyse d'une image Spot réalisée en juillet 1986*. Ces cartes ont été calées sur les courbes isopièzes afin d'évaluer le risque de présence d'eaux saumâtres,

* L'étude, *a posteriori*, des images Spot ne fut en fait que d'un faible apport. Les collections d'eau identifiables à cette échelle par la valeur radiométrique des pixels étaient connues de nous depuis bien longtemps et ne permettaient pas d'identifier un nombre important de céanes, gîtes potentiels d'anophèles. Quand on sait que des récipients de petite taille peuvent également jouer ce rôle, on reste dubitatif sur les prétentions de certains « télédéTECTEURS » à identifier les zones de risques de paludisme par la seule imagerie satellitaire.

impropres au développement des anophèles (figure 1). Cependant le mode de cartographie des céanes** manque de précision, parfois du fait de la simple épaisseur du trait; par ailleurs, les missions de photographies aériennes, réalisées en saison sèche, ne permettent pas de dessiner les zones d'extension des niayes et encore moins de définir le niveau de l'eau des céanes. De même, les

** Les céanes sont des micro-dépressions artificielles, dont le fond d'eau est d'un diamètre rarement supérieur à 3 mètres, donnant accès à la nappe phréatique et utilisées pour les cultures maraîchères. Les niayes sont de larges dépressions naturelles, pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres, dont le fond d'eau permanent en saison sèche s'élargit en saison des pluies.

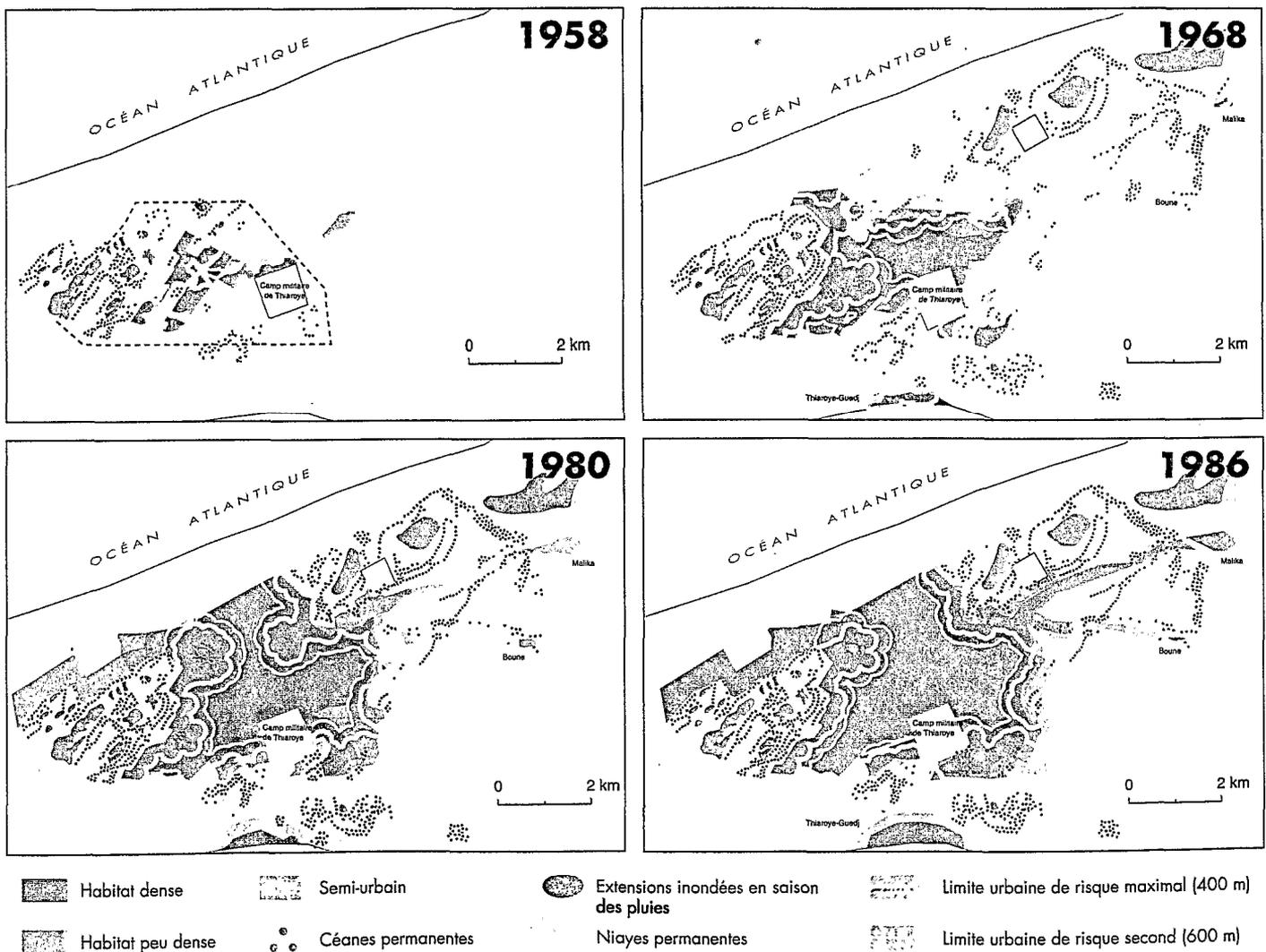


Figure 4. Mode d'occupation de l'espace et risques anophéliens entre 1958 et 1986.

Figure 4. Risk of exposure to *Anopheles* from 1958 to 1986.

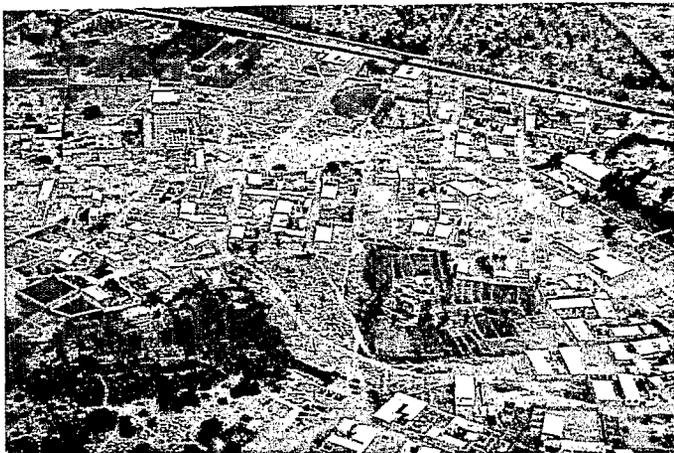


Photo 3. Le développement de quartiers irréguliers, encore peu denses, jouxtant des céanes.

Plate 3. The development of suburbs, with a low density of population, close to the marshes.



Photo 4. Le comblement progressif des céanes.

Plate 4. The progressive reclamation of the marshes.

Summary

The urban environment and exposure to *Anopheles* in Pikine, Senegal

G. Salem, F. Legros, E. Lefebvre-Zante, G. Ndiaye, H. Bouganali, P. Ndiaye, A. Badji, J-F. Trape

Levels of malaria endemicity in Africa are lower in urban than in rural areas. Similarly African cities are heterogeneous in spatial and social terms such that the risk factors of « malaria infection » and « malaria disease » are also different within the cities themselves.

Some remarkable facts have emerged from the research into the relationships between urbanisation and malaria at Pikine (Senegal)

The study of the district of Old Pikine, bordering the main marsh, has highlighted the close link between proximity of breeding sites, density of anopheles and prevalence of infection. Nevertheless, more detailed analyses bring out minute differences associated with various pollutants which in some areas doubles the harmful effects of *Anopheles* and *Culex*.

Because of the growth and fast-increasing density of Pikine, intra-urban mosquito breeding-sites are gradually filled up while the population is increasingly exposed to certain risks in peripheral areas, especially those bordering the eastern marshes and new micro-marshes dug for market gardening.

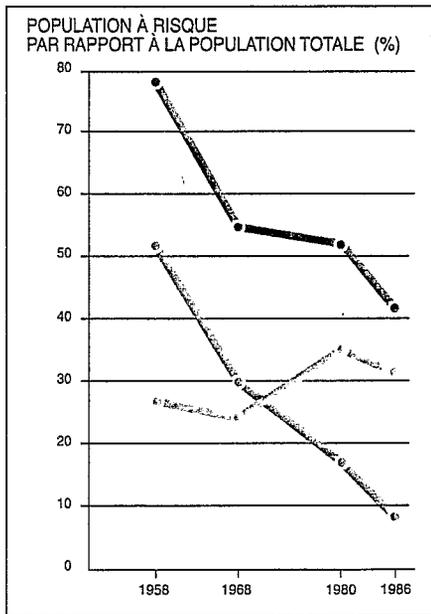
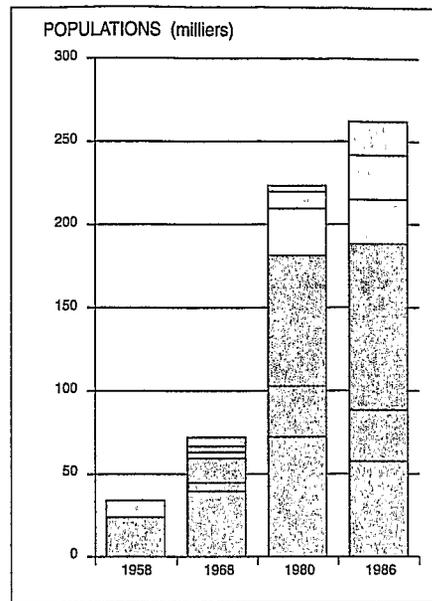
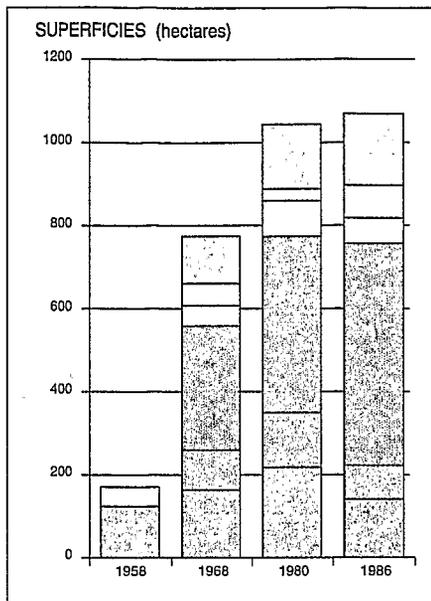
Nevertheless, given the particular character of the site of Pikine, the risk from *Anopheles* is very high in the oldest urban-

sed area. Although the fraction of the population and area most exposed to risk of contamination decreases yearly, the total numbers and area are increasing as the city grows.

Three main types of situations can be defined in ecological terms according to the extension in area of risk transmission, of the population density and the socio-economic standards: a) high population density, proximity of marshes and high socio-economic level in the oldest part of the city; b) medium population density, no marshes and low socio-economic level in the central parts of the city; c) low population density, proximity of marshes and micro-marshes and low socio-economic level in urban peripheral areas. The combination of the site factors with the type of land tenure result in a peri-urban map of malaria-infected areas.

The geographical approach leads to identifying specific areas at risk from malaria. From a public health perspective, these indicators should be compared with other health indicators in order to define health profiles in intra-urban districts.

Cahiers Santé 1994; 4: 347-57.



ZONES	PIKINE ANCIEN	PIKINE EXTENSION - GUEDJAWAYE	PIKINE IRRÉGULIER
1			
2			

- Population de risque 1 et 2
- Population de risque 1
- Population de risque 2

Figure 5. Superficies et populations exposées au risque anophélien en 1958, 1968, 1980 et 1986.

Figure 5. Areas and populations exposed to *Anopheles* in 1958, 1968, 1980 and 1986.

limites des différents types d'espaces urbains sont difficiles à établir à partir de photographies aériennes réalisées à des échelles différentes et les calculs de dénominateurs de populations sont aussi imparfaits que la qualité des sources statistiques: les chiffres de 1958 et 1968 sont extraits des travaux de photo-interprétation de Vernière [30], les chiffres de 1980 et 1986 de nos propres évaluations [31, 32]. La faune matinale résiduelle a été étudiée dans la zone de Pikine Ancien jouxtant

la grande niaye (figure 2), identifiée par Vercruysses et Jancloes comme le gîte anophélien principal de la ville [10]. La méthode consiste, après fermeture des fenêtres et portes et aspersion de pyréthrine, à prélever aussitôt que possible dans la matinée les moustiques dans les pièces d'habitation des maisons sélectionnées. Cette méthode est rustique car, si les premiers prélèvements permettent effectivement de parler de faune matinale résiduelle, ceux qui sont effectués en milieu, voire en fin, de matinée ne

l'autorisent guère. En outre, le type d'habitat joue dans la qualité des prélèvements, notamment quand des matériaux disparates couvrant les murs (cartons, tissus, meubles, etc.) constituent autant de caches possibles pour les moustiques. De mai 1987 à septembre 1988, deux passages par semaine dans une zone de 910 mètres, allant des bordures habitées de la grande niaye vers les quartiers orientaux de Pikine Ancien, ont permis d'inspecter 692 parcelles, à raison de cinq chambres par maison. Cette enquête a été complétée par quatorze captures de nuit, de février à juin 1988, réalisées sur appâts humains. Les enquêtes entomologiques ont été complétées par l'étude de la morbidité palustre, notamment par l'étude clinique et parasitologique des enfants scolarisés dans Pikine Ancien, réalisée par enquêtes à passages répétés dans la plus grande école primaire de cette zone. Des prélèvements sanguins ont été effectués sur les écoliers de la zone d'étude et les résultats rapportés à leur domicile. Pour hiérarchiser les espaces à risque, nous avons appliqué à l'ensemble de la ville les gradients de densités d'anophèles calculés sur la zone de Pikine Ancien, et croisé ces données avec les densités de population [32, 33].

Résultats

Sur 26 174 moustiques capturés dans les 3 404 pièces examinées, 18 128 étaient des femelles, 2 648 (10,1 %) des *An. gambiae* s.l., dont 2 424 femelles. Les autres moustiques prélevés étaient des *Culex quinquefasciatus* (12 348 femelles et 6 573 mâles), des *Culex* ssp (3 275 femelles et 1 255 mâles), des *Mansonia* (38 femelles) et des *Aedes aegypti* (27 femelles et 10 mâles). Les variations saisonnières de faune matinale enregistrées sont importantes: de 0,06 femelle par chambre en juin 1987 à 2,41 en août 1988. Une première analyse par bandes parallèles à la niaye a permis d'observer un gradient décroissant net des densités d'anophèles au fur et à mesure que la distance augmentait [5, 6], tant en saison sèche qu'en saison des pluies (tableau 1). On note toutefois une légère inflexion du gradient d'anophèles à partir de 535 mètres, distance correspondant à la petite niaye de Pikine Ancien située à proximité du dispensaire Dominique.

Ce gradient se retrouve dans les chiffres de prévalence de sérologies palustres (figure 3) et dans les incidences d'accès palustres [6].

Pour une analyse plus fine que ce découpage en bandes parallèles à la niaye, nous avons distingué dans cette même zone vingt-quatre parallélogrammes pour lesquels les densités moyennes annuelles de moustiques par parcelle ont été calculées* (figure 2). Quatre cartes ont été établies et confrontées: densités moyennes d'*An. gambiae* femelles exprimant le premier facteur de risque de transmission de paludisme, prévalences annuelles de gouttes épaisses positives exprimant le niveau de paludisme-infection, densités moyennes de moustiques femelles et densités de tous les moustiques femelles hors anophèles exprimant les nuisances. La carte des densités d'anophèles femelles confirme la tendance observée dans la précédente étude, en nuancant le gradient ouest-est. Seule la première bande parallèle à la niaye apparaît nettement plus infestée; on observe, d'une part, une bande de densités moyennes qui s'intercale dans l'ordonnement régulier partant de la niaye et, d'autre part, une extension des fortes densités dans les quartiers situés le plus au sud. La carte des prévalences est conforme à cette distribution de risques (Spearman $p < 0,05$); on note toutefois quelques hiatus entre ces deux cartes, ce qui n'est pas surprenant étant donné la mobilité importante des Pikinois, notamment des polygames, tant intra-urbaine que vers le milieu rural. La carte des densités moyennes de moustiques femelles, anophèles compris, définit une zone de nuisances sensiblement différente: la moitié sud de la zone présente des densités plus fortes que la moitié nord. En revanche, la carte des moustiques femelles hors anophèles, essentiellement des *Culex*, marque des densités fortes dans la partie sud-est des quartiers de Pikine Ancien. Aussi, si les fortes densités en proximité immédiate de la niaye s'expliquent sans doute par la présence d'eaux propres, l'extension originale des densités d'anophèles femelles dans la partie sud pourrait s'expliquer par la présence d'une niaye permanente et de nombreuses céanes dans la partie sud-est, tandis que les céanes situées en plein cœur de Pikine Ancien, probablement polluées, semblent plus jouer un rôle répulsif qu'un rôle de gîte secondaire. La carte des densités de moustiques hors anophèles

Tableau 2

Pourcentage de la population pikinoise exposée au risque anophélien en fonction de l'année

	1958	1968	1980	1986
Risque 1	52	30	17	9
Risque 2	27	25	36	33
Risque 1 ou 2	79	55	53	42

Percentage of the population of Pikine exposed to *Anopheles* according to year

Tableau 3

Effectif et pourcentage de la population par situation écologique

Position par rapport aux gîtes	Type de densité de population					
	Fortes		Moyennes	Faibles		
Éloignée (≥ 600 m)	68 142	(11 %)	25 430	(4 %)	79 521	(13 %)
Proche (400 - 600 m)	194 328	(32 %)	4 655	(1 %)	82 446	(14 %)
Immédiate (< 400 m)	75 519	(13 %)	22 796	(4 %)	48 968	(8 %)

Populations and rates per ecological situation

conforte cette hypothèse, en individualisant bien les quartiers du quart sud-est proximités des marchés et de pollacements des containers d'ordures ménagères. Certains quartiers ont ainsi le privilège de cumuler les nuisances dues aux anophèles et celles dues aux autres moustiques!

La généralisation de cette étude à l'ensemble de la ville est possible en simplifiant ces résultats. On a défini pour cela deux distances de risque anophélien en fonction de la distance aux collections d'eaux permanentes: la première, inférieure à 400 mètres, est dite de risque maximal, la deuxième, entre 400 et 600 mètres, est dite de risque second, elle marque l'inflexion significative de la courbe (figure 3).

À l'examen des cartes, on constate que le risque anophélien est la traduction directe des modes d'occupation de l'espace, image synthétique des contraintes de site et des mécanismes de pression foncière. Plusieurs facteurs se combinent, parfois en concurrence: si le noyau originel de la ville créée en 1952 (Pikine Ancien) reste une zone exposée en raison de sa proximité de la grande niaye, les limites spatiales successives des fronts réguliers et irréguliers d'urbanisation marquent celles de risque anophé-

lien maximal. On observe simultanément:

- une concurrence entre rente foncière urbaine et rente d'activités agricoles péri-urbaines qui se traduit par un accroissement des zones urbanisées sur d'anciens terrains de culture, avec comblement progressif des niayes et céanes. Cette substitution est progressive, exposant une population peu dense installée en périphérie à un risque important de piqûres d'anophèles. L'étude des rythmes de croissance urbaine montre que le temps de substitution est inégal, marqué dans la dernière décennie par une spéculation foncière de plus en plus anticipée, mais un rythme de densification de l'habitat ralenti en raison de la crise économique du pays;
- dans le même temps, la demande toujours croissante de produits maraîchers a considérablement augmenté le nombre de céanes nécessaires aux cultures péri-urbaines, tant en zones péri-urbaines qu'intra-urbaines, de nombreux micro-espaces délaissés jusqu'aux années 80 étant maintenant cultivés. Il est par ailleurs possible que l'usage inconsidéré et

* Des effectifs insuffisants ne nous ont malheureusement pas permis de faire ces calculs par saison; les amplitudes restant grossièrement les mêmes, le biais est minime.

incontrôlé d'engrais et de produits phytosanitaires rendent impropres ces nouvelles céanes à la reproduction des anophèles. Si les limites de risque anophélien suivent globalement les fronts d'urbanisation, on note (figure 4):

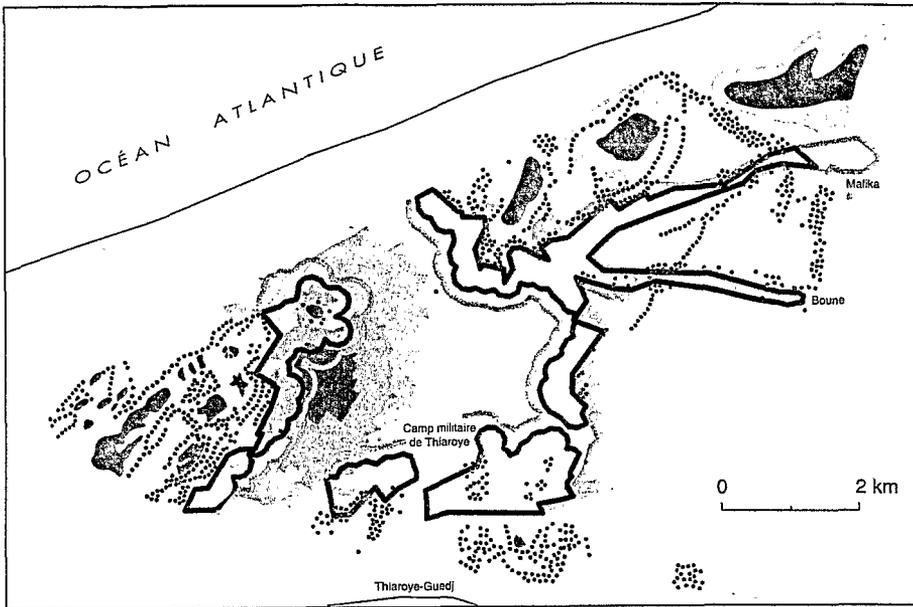
– que la fraction de la population pikinoise exposée à un risque anophélien diminue par rapport à la population totale: si près de 80% de la population était exposée en 1958, ce pourcentage est moitié moindre en 1986. La baisse est encore plus forte pour le risque 1: de 52 à 9% (tableau 2, figure 5);

– que les effectifs absolus de population et les superficies «impaludées» augmentent avec la croissance de la ville: de moins de 40 000 habitants en 1958 à plus de 250 000 en 1986.

À l'heure où les problèmes de chimiorésistances se multiplient à Pikine [13, 18] et où les auteurs montrent les multiples interférences du paludisme sur la santé générale de la population [34-36], il y a là un problème de santé publique majeur, tant en termes de lutte contre les vecteurs que de prophylaxie et de prise en charge thérapeutique.

Ces premières cartes ne définissant que les zones à risque virtuel de piqûres d'anophèles, il était intéressant de croiser ces données de risque anophélien avec les densités de population, variant plus que du simple au double, afin d'identifier les combinaisons spatiales entre proximité des gîtes et dilution des piqûres (figure 6). Il apparaît nettement trois types d'espace urbain:

– la zone de Pikine Ancien jouxtant la grande Niaye, combinant fortes densités de population et de moustiques;
– la zone centrale de Pikine, recouvrant l'essentiel des quartiers irréguliers de

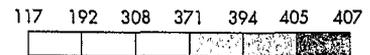


Densités de population et risque anophélien

Collections d'eau

- Céanes
- Niayes permanentes
- ~~~~~ Extensions inondées en saison des pluies

Densités de population à l'hectare

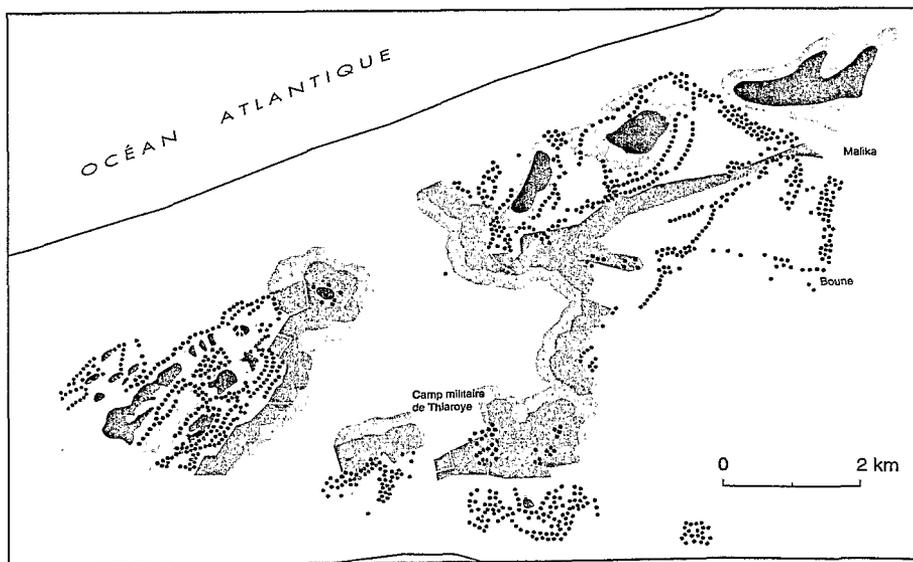


Risque anophélien

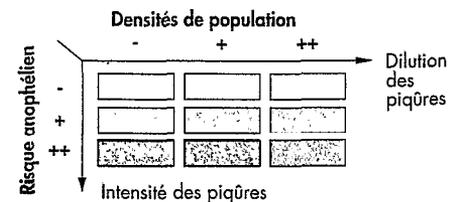
- limite urbaine de risque maximal (400 m)
- limite urbaine de risque second (600 m)

Espaces non urbanisés

- Villages
- ▨ Cultures maraîchères



Typologie spatiale



Effectifs de population par type spatial

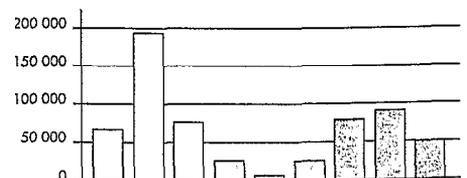


Figure 6. Les risques anophéliens en 1986.

Figure 6. Risk of exposure to *Anopheles*, 1986.

Pikine et de Guedjawaye, combinant fortes densités de population et faibles densités de moustiques;

– les zones périphériques orientales, combinant faibles densités de population et proximité étroite des gîtes permanents, à l'exception des quartiers nord-est présentant des densités de population plus fortes mais dont les niayes proches sont susceptibles d'être saumâtres.

On identifie ainsi trois types majeurs de situations écologiques par rapport au risque de transmission, représentant des effectifs de population très variables (figure 6, tableau 3). La question posée est celle des traductions parasitologiques et morbides de cette géographie particulière des facteurs de risque: précocité et intensité de l'infection, incidence et létalité du paludisme-maladie. La situation immunitaire est d'autant plus complexe que la mobilité intra-urbaine est forte et que les marges orientales de la ville sont le plus souvent occupées par d'anciens citadins locataires des quartiers centraux (peu exposés aux piqûres) accédant à la propriété en périphérie. En outre, d'autres facteurs relevant de la géographie sociale de la ville jouent, comme l'hygiène du quartier (notamment le ramassage des ordures ménagères comme nous l'avons constaté à Pikine Ancien), le type d'habitat (qualité de la construction et plus ou moins grande densité des semis urbains), les variables sociales et culturelles (accès aux soins, utilisation d'antimalariques et de moustiquaires).

Les études menées dans ce domaine [33-35] montrent que la géographie du risque anophélien ne se superpose que peu aux variables socio-économiques: si les recours aux soins sont meilleurs dans les quartiers ouest que centraux et orientaux [33-36], les indicateurs de santé synthétiques comme l'état nutritionnel des enfants [37, 38] ou la mortalité [39] sont particulièrement mauvais dans la bande centrale nord-ouest/sud-est.

Discussion

Cette étude montre que la recherche de « situations moyennes » dans les villes africaines n'a que peu de sens et que les découpages d'un ensemble urbain doivent être opérés en fonction des facteurs de risques d'un problème de santé particulier: une opposition entre ville d'urbanisation régulière et ville irrégulière par exemple, pertinente d'un point de vue

urbanistique et pour d'autres problèmes de santé, aurait introduit à Pikine des facteurs de confusion. La multiplicité des facteurs jouant sur le paludisme-maladie, et plus encore sur la létalité, impose une réflexion sur les échelles d'étude, un même facteur pouvant jouer de façon différente selon l'environnement dans lequel il s'inscrit. L'étude réalisée et les cartes dressées donnent les bases d'une étude sur les relations entre paludisme et urbanisation fondée sur une représentativité des situations écologiques.

S'il appartient aux spécialistes du paludisme de déterminer si les informations collectées donnent des indications originales pour les programmes prophylactiques et curatifs, les responsables de santé publique doivent s'attacher à l'étude des combinaisons spatiales du paludisme avec les autres problèmes de santé. Dans cette optique, le projet des géographes de la santé de dresser des profils sanitaires des sous-ensembles urbains (facteurs de risques environnementaux, indicateurs de santé synthétiques, morbidité, recours aux soins, etc.) prend un intérêt opérationnel immédiat dans les pays en développement à forte croissance urbaine. Ainsi se superposent, dans les quartiers en bordure de la grande niaye, des risques de transmission spécifiques à des prévalences fortes d'helminthiases, tandis que le front d'urbanisation qui connaît d'autres risques de transmission palustre enregistre des prévalences faibles d'helminthiases mais fortes de giardiasis [40].

Conclusion

L'étude des quartiers limitrophes de Pikine Ancien a permis de mettre en évidence un lien fort entre proximité de la grande niaye, densité anophélienne et présence de *Plasmodium* à la goutte épaisse. Une analyse à échelle plus fine fait apparaître des micro-différences en relation avec les sources de pollution diverses, se traduisant pour certains quartiers par une double nuisance par des *Anopheles* et des *Culex*.

La croissance et la densification exceptionnellement rapide de Pikine se traduisent par le comblement progressif des gîtes à moustiques intra-urbains et l'exposition de la population périphérique aux nuisances des niayes orientales et des nouvelles céanes creusées pour satisfaire les besoins en produits maraî-

chers. Toutefois, le site particulier de Pikine fait que les quartiers anciennement urbanisés, situés en bordure de la grande niaye, restent exposés à un risque anophélien important. Si les fractions de la population et de la superficie exposées à un fort risque de transmission diminuent d'année en année, les effectifs et les surfaces augmentent au rythme de croissance de la ville.

La superposition de la géographie du risque anophélien avec celles des densités de population et du niveau socio-économique individualise trois grands types de situations écologiques: densité forte de population, proximité des gîtes et niveau socio-économique élevé dans la partie la plus ancienne de Pikine; densité moyenne de population, éloignement des gîtes et faible niveau socio-économique dans la partie centrale de la ville (régulière et irrégulière); densité faible de population, proximité des niayes et céanes, faible niveau socio-économique sur les fronts d'urbanisation.

La combinaison des facteurs tenant au site et au mode d'occupation de l'espace dessine une géographie du paludisme « circum-urbaine », celle-là même que décrivaient les auteurs de l'entre-deux-guerres, parlant d'une ceinture du risque paludéen [1].

Une démarche géographique permet ainsi d'individualiser des zones à risques paludéens spécifiques. Dans une perspective plus large de santé publique, il importe de corréler ces données avec d'autres indicateurs de santé afin de déterminer les profils sanitaires des sous-ensembles urbains ■

Références

1. Salem G. *Des leçons de géographie oubliées: quand des médecins coloniaux étudiaient les moustiques des villes africaines*. À paraître dans les actes du colloque « Milieux et société ». Congrès de la commission d'histoire de la pensée géographique. Marrakech. 12-16/2/1994.
2. Feachem RG, Jamison DT, eds. *Disease and mortality in sub-saharan Africa*. Washington: A World Bank Publication, Oxford University Press. 1991.
3. Salem G, Jeannée E, eds. *Urbanisation et santé dans le Tiers Monde: transition épidémiologique, changement social et soins de santé primaires*. Paris: Orstom, 1989; 429 p.
4. Salem G. Crise urbaine et contrôle social à Pikine. Bornes fontaines et clientélisme. *Politique Africaine* 1992; 45: 21-38.
5. Trape JF, Zante E, Legros F, et al. Vector density gradients and the epidemiology of urban malaria in Dakar, Senegal. *Am J Trop Med Hyg* 1992; 47: 181-9.
6. Trape JF, Zante Lefebvre E, Legros F, et al. Malaria morbidity among children exposed to low seasonal transmission in Dakar, Senegal,

and its implications for malaria control in tropical Africa. *Am J Trop Med Hyg* 1993; 48: 748-56.

7. Covell G. The present state of our knowledge regarding the transmission of malaria by different species of anopheline mosquitoes. *Rec Mal Surv Ind* 1934; 2: 1-48.

8. Tang Am N, Quy Riec L, Thi Huyền V, Bieh Lan N. Études entomo-épidémiologiques du paludisme dans la zone côtière de Hô Chi Minh-Ville, 1990-1992. *Cahier Santé* 1993; 3: 464-73.

9. Bruce Chwatt LJ. Paludisme et urbanisation. *Bull Soc Pathol Ex* 1983; 76: 243-9.

10. Vercruyssen J, Jancloes M. Étude entomologique sur la transmission du paludisme humain dans la zone urbaine de Pikine (Sénégal). *Cah Orstom, sér Ent Méd Parasitol* 1981; XIX: 165-78.

11. Gazin P, Robert V, Carnevale P. Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso. 2 - Les indices paludologiques. *Cah. Orstom, ser Ent Med Parasitol* 1987; 25: 27-31.

12. Trape JF, Zoulani A. Malaria and urbanization in central Africa: the example of Brazzaville. Results of entomological analysis. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1987; 81: 10-8.

13. Mouchet J. *Review of urban vectors and pests in developing countries in the tropics*. Genève: OMS, VBC/ECV/EC/87.5/05.

14. Mouchet J, Carvenale P. Les vecteurs et la transmission. In: Danis M, Mouchet J, eds. *Paludisme*. Paris: Ellipse/Aupelf, 1991: 35-58.

15. Le Bras M, Soubiran G, Baraze A, et al. Paludisme urbain et rural au Niger. Le cas du département de Maradi. *Bull Soc Path Ex* 1986; 79: 695-706.

16. Trape JF, Zoulani A. Malaria and urbanization in central Africa: the example of Brazzaville. Relationships between urbanization and the intensity of malaria transmission. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1987; 81: 19-25.

17. Manga L, Robert V, Messi J, Desfontaine M, Carnevale P. La paludisme urbain à Yaoundé (Cameroun). 1 - Étude entomologique dans deux quartiers centraux. *Mém Soc R Belg Ent* 1991; 35: 386-91.

18. Le Bras J, Hatin I, Bourrée P, et al. Évolution de la chimiosensibilité de *Plasmodium falciparum* à la chloroquine et à la méfloquine au Bénin entre 1980 et 1990. *Bull Soc Pathol Exot* 1990; 83: 320-9.

19. Gaye O, Faye O, Bah IB, et al. Évolution de la chloroquinorésistance en zone urbaine. Résultats d'études menées à Dakar et Pikine. *Ann Soc Belg Med Trop* 1991; 71: 329-30.

20. Rossi P, Belli A, Mancini L, Sabatinelli G. Enquête entomologique longitudinale sur la transmission du paludisme à Ouagadougou (Burkina Faso). *Parasitologia* 1986; 28: 1-15.

21. Sabatinelli G, Lamizana L. Le paludisme dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso). In: Salem G, Jeannée E, eds. *Urbanisation et santé dans le Tiers Monde: transition épidémiologique, changement social et soins de santé primaires*. Paris: Orstom, 1989: 187-93.

22. Robert V, Gazin P, Ouédraogo V, Carnevale P. La paludisme urbain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). 1 - Étude entomologique de la transmission. *Cah Orstom, sér Ent Méd Parasitol* 1986; 24: 121-8.

23. Robert V, Gazin P, Benasseni R, Carnevale P. Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). In: Salem G, Jeannée E, eds. *Urbanisation et santé dans le Tiers Monde: transition épidémiologique, changement social et soins de santé primaires*. Paris: Orstom, 1989: 181-6.

24. Chippaux JP, Akogbetou M. Le paludisme urbain-lagunaire: enquête longitudinale à Cotonou. In: *Le paludisme en Afrique de l'Ouest. Études entomologiques et épidémiologiques en*

zone rizicole et en milieu urbain. Paris: Orstom, 1991: 37-53.

25. Fondjo E, Robert V, Le Golf G, Toto JC, Carnevale P. Le paludisme urbain à Yaoundé (Cameroun). II - Étude entomologique dans deux quartiers peu urbanisés. *Bull Soc Pathol Exot* 1992; 85: 57-63.

26. Mulumba MP, Wery M, Ngimbin, Paluku K, Van der Stuyf P, De Muynk A. Le paludisme de l'enfant à Kinshasa (Zaire). Influence des saisons, de l'âge, de l'environnement et du standing familial. *Med Trop* 1990; 50: 53-63.

27. Adiamba JH, Koram KA, Thomson MC, Lindsay SW, Todd J, Greenwood BM. Entomological risk factors for severe malaria in a peri urban area of the Gambia. *Ann Trop Med Parasitol* 1993; 87: 491-500.

28. Robert V, Petrarca V, Carnevale P, Coluzzi M. Le paludisme urbain à Bobo-Dioulasso; étude chromosomique du complexe *Anopheles gambiae*. In: *Le paludisme en Afrique de l'Ouest*. Paris: Orstom, 1991: 77-85.

29. Coluzzi M, Sabatini A, Petrarca V, Di Deco MA. Chromosomal differentiation and adaptation to human environment in the *Anopheles gambiae* complex. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1979; 73: 483-97.

30. Vernière M. *Dakar et son double, Danoudane Pikine*. Paris: Imprimerie nationale, 1977; 278 p.

31. Salem G, Arreghini L. Évaluations spatialisées rapides de la population des villes africaines: l'exemple de Pikine. *Population* 1991; 4: 1000-6.

32. Salem G, Marois C, Arreghini, Waniez P. Lieux de vie, densités et zones à risques: l'analyse spatiale au service de la santé à Pikine (Sénégal). In: *Statistique Impliquée, Séminfor V*. Paris: Orstom 1992: 419-30.

33. Laloë F, Salem G, Besnard C. Dimensions géographiques de la couverture sanitaire à Pikine. In: Salem G, Jeannée E, eds. *Urbanisation et santé dans le Tiers Monde: transition épidémiologique, changement social et soins de santé primaires*. Paris: Orstom, 1989: 471-6.

34. Salem G, Waniez P, Arréghini L, Besnard C, Jeannée E, Lang T. Modélisation géographique de l'utilisation des services de santé dans les villes du Tiers Monde: applications aux recours thérapeutiques à Pikine. In: *Géographie et socio-économie de la santé*. Paris: CREDES, UGI, 1989: 35-49.

35. Salem G, Rozenblat C, Ceuninck D, Murebwayiré S. Offre de soins et couverture sanitaire dans une ville africaine. Pikine, 1993. In: *De l'analyse économique aux politiques de santé*. Paris: Université Paris-Dauphine, 1993: 219-28.

36. Salem G, Ceuninck D, Murebwayiré S, Simier M. Mères et enfants se soignent-ils de la même manière à Pikine? In: Charbit Y, Ndiaye S, eds. *La population du Sénégal*. Dakar: DPS/CERPAA, 1994: 423-38.

37. Maire B, Chevassus-Agnes S, Grière B, Ndiaye T, Benard C, Salem G. État nutritionnel des enfants d'âge préscolaire à Pikine. In: Salem G, Jeannée E, eds. *Urbanisation et santé dans le Tiers Monde: transition épidémiologique, changement social et soins de santé primaires*. Paris: Orstom, 1989: 103-13.

38. Maire B, Delpuech F, Cornu A, et al. Urbanisation et épidémiologie nutritionnelle en Afrique sub-saharienne: les exemples du Congo et du Sénégal. *Rev Epidém Santé Publ* 1992; 40: 252-8.

39. Salem G. Géographie de la mortalité de la natalité à Pikine, Sénégal. Intérêts et limites des données de l'état civil dans les villes africaines. *Soc Scie and Med* 1993; 36: 1297-311.

40. Salem G, Van de Velden L, Laloë F, et al. Parasitoses intestinales et environnement dans les villes sahélo-soudaniennes: l'exemple de Pikine (Sénégal). *Rev Epidém Santé Publ* 1994; 42: 322-33.

Résumé

L'hétérogénéité spatiale et sociale des villes africaines fait que les facteurs de risque de paludisme-infection et de paludisme-maladie se combinent différemment dans les sous-ensembles urbains. De l'étude menée à Pikine (Sénégal), il ressort un lien fort entre proximité de la grande dépression marécageuse, densité anophélienne et gouttes épaisses positives, mais de micro-différences apparaissent à une échelle plus fine, en relation avec les sources de pollution. La croissance et la densification exceptionnellement rapides de Pikine se traduisent par le comblement progressif des gîtes à moustiques intra-urbains et l'exposition de la population excentrée aux nuisances des marécages périphériques, notamment ceux creusés pour satisfaire les besoins en produits maraîchers. Toutefois, le site particulier de Pikine fait que les quartiers anciens restent exposés à un risque anophélien important. Si les fractions de la population et de la superficie exposées à fort risque de transmission diminuent d'année en année, les effectifs et les surfaces exposées augmentent au rythme de croissance de la ville.

La superposition de la géographie du risque anophélien avec celles de la densité de la population et du niveau socio-économique individualise trois grands types de situations écologiques: densité forte de population, proximité des gîtes et niveau socio-économique élevé dans la partie la plus ancienne de Pikine; densité moyenne de population, éloignement des gîtes et faible niveau socio-économique dans la partie centrale de la ville; densité faible de population, proximité des niayes et céanes, faible niveau socio-économique sur les fronts d'urbanisation.

La démarche géographique permet ainsi de distinguer des zones à risques paludéens spécifiques.

Remerciements

Les auteurs remercient P. Carnevale, P. Gazin, J.-P. Hervouët, J. Mouchet et A. Prost pour leurs conseils et suggestions.