

L'écologie du paludisme

Jean MOUCHET

Le paludisme est-il en expansion ? Telle est la question que ne cessent de se poser les responsables de santé publique et les organismes de coopération. Une réponse positive amène deux autres interrogations : pourquoi cette réactivation du paludisme et quelle attitude adopter face à cette situation ?

La conférence interministérielle sur le paludisme qui s'est tenue à Amsterdam en novembre 1992 devait apporter des réponses à ces problèmes. Je ne suis pas sûr qu'elle ait répondu aux espoirs que l'on avait pu nourrir.

Le paludisme est-il en expansion ?

Il est nécessaire de rappeler quelques généralités avant de faire une rétrospective historique.

Le paludisme est une parasitose provoquée par diverses espèces de *Plasmodium* (*Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale*) tous transmis par des moustiques du genre *Anophèle*. Deux milliards de personnes vivent dans des zones où ces parasites sont ou peuvent être transmis (zones à risque).

Le parasite provoque des manifestations cliniques quelquefois mortelles (avec le *Plasmodium falciparum*) sur la base desquelles on évalue le poids de la maladie en santé publique.

Il faut noter que de nombreux porteurs de parasites ne présentent pas de symptômes cliniques dans les zones de forte endémicité du fait du développement d'une prémunition. Il importe de dissocier *manifestation clinique* de *présence de parasite*. En Afrique tropicale par exemple, on estime à 100 millions le nombre annuel d'accès palustre pour 350 millions de porteurs de parasites (sur 400/500 millions d'habitants).

Dans les pays industrialisés la notion d'expansion du paludisme est ressentie à travers l'augmentation des cas importés traités dans les hôpitaux. Celle-ci est due à la popularisation des déplacements touristiques et au développement de la résistance à la chloroquine qui ne permet pas toujours une prophylaxie correcte des voyageurs. Mais ces observations ne sauraient en aucun cas constituer des critères pour apprécier les fluctuations du paludisme à l'échelle planétaire.

On ne peut en aucun cas estimer l'évolution du paludisme par le nombre de cas puisque la population du globe a augmenté de façon exponentielle au cours du dernier siècle (en particulier celle des pays tropicaux). Mais on peut délimiter des zones où le parasite circule.

Pour parler d'augmentation, il faut se référer à l'historique du paludisme dans lequel on peut distinguer trois époques : de l'antiquité jusqu'en 1950/1955 ; la période d'éradication 1955/1970 et la période de post-éradication de 1970 à nos jours.

De l'antiquité à la Deuxième Guerre mondiale

En terme de superficie à risque, on note une réduction importante des zones à risque depuis le Moyen Age jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale. Les foyers de France continentale ont disparu dès la fin du XIX^e siècle, suite semble-t-il à l'amélioration de l'habitat qui a séparé les locaux de stabulation du bétail de ceux d'habitation des hommes.

La découverte du *Plasmodium* (Laveran, 1880) et de son cycle (Ross, 1890, Binaghi, 1891) a conduit aux premières mesures de lutte contre le vecteur (assèchement des marais et réduction des sources), qui n'ont pas diminué l'aire de distribution de la maladie, encore très vivace dans le bassin méditerranéen en 1950 (Corse, Sardaigne, Italie continentale, Grèce en 1945).

Les opérations d'éradication

Gahan, en 1942, constatait empiriquement que le DDT appliqué dans les maisons faisait disparaître le paludisme dans la vallée du Mississipi.

La même méthode appliquée dans les pays méditerranéens, le Moyen-Orient, l'Inde et l'Amérique du Sud donnait des résultats si encourageants (le paludisme disparaît de Corse en moins de 2 ans) que l'OMS envisagea un programme mondial d'éradication du paludisme basé sur les pulvérisations intradomiciliaires de DDT (2g/m²).

Des Services nationaux d'éradication du paludisme furent mis en place dans la plupart des États des zones d'endémie. Une chute spectaculaire de la maladie marqua le début de ce programme en Europe, au Moyen-Orient et dans les Amériques. Dans le sud du continent africain (en Afrique du Sud, au Swaziland, dans les Mascareignes ainsi que sur les plateaux de Madagascar) le paludisme régressa. En Afrique de l'Ouest et du Centre, des zones pilotes testèrent la stratégie. Les résultats, brillants dans les zones forestières du Sud-Cameroun et du Liberia, furent très médiocres dans les savanes humides du Sénégal, du Burkina Faso et du Nord-Cameroun. En Asie du Sud-Est on constatait des échecs localisés aux zones forestières où sévissait *Anophèles dirus*, éminemment exophile.

L'OMS se contenta de baptiser « zones difficiles » les régions où la stratégie officielle ne donnait pas les résultats escomptés et n'envisagea pas de modifier localement ses stratégies en fonction du comportement des vecteurs, contrairement à nos recommandations.

En 1961 nous avons dénoncé les carences de la stratégie officielle à propos du Nord-Cameroun, sans aucun effet.

En 1968, Arnaldo Gabaldon, un des pères de l'éradication, osait déclarer au congrès de médecine tropicale de Téhéran, que même dans son pays, le Venezuela, il y avait des régions où la stratégie OMS ne permettait pas d'éliminer le paludisme. Le congrès émit une recommandation demandant à l'OMS de changer sa stratégie uniciste pour adapter ses actions aux zones où l'éradication n'était pas envisageable à court terme.

L'après éradication

Dès cette époque, l'OMS manifesta sa volonté (toute verbale) de changer de stratégie. Ce n'est donc pas en 1992 à l'occasion de la conférence d'Amsterdam que le virage fut pris, comme l'ont écrit les médias.

Une période anarchique succéda à l'éradication, qui se prolonge encore. Plusieurs pays poursuivirent des programmes d'éradication comme l'Inde ou le Brésil, dans des structures sans motivation et dans l'indifférence générale ; d'autres abandonnèrent graduellement toute activité.

Mais en 1978, pointait un autre dogme, celui des systèmes de Soins de santé primaire (SSP), définis à la conférence d'Alma Ata sur la Santé pour tous en l'An 2000. C'était une bonne occasion de soumettre le problème à ces nouvelles structures. Il ne fut plus question de lutte antipaludique à l'échelon national mais d'intégration des opérations de lutte dans les SSP. Si théoriquement ces structures étaient suffisantes pour traiter les maladies, elles étaient totalement inadéquates pour entreprendre des actions préventives basées sur la chimioprophylaxie, rapidement ruinée par la résistance à la chloroquine. Quant aux actions, même simples, de lutte antivectorielle elles exigeaient une technicité et une organisation spécifiques peu concevables dans ce système simpliste.

Après bien des tergiversations, l'OMS a admis que l'hétérogénéité du paludisme exigeait d'adapter les méthodes de lutte à chaque situation. Il n'y a donc plus de stratégie globale bien que ce soit le titre du document présenté à la Conférence d'Amsterdam.

Cette prise de position reste toutefois très vague sur les méthodes à appliquer. Bien sûr, le traitement des cas est admis partout comme une priorité, mais les méthodes préventives restent toujours à définir. Or, elles sont seules capables de réduire aussi bien l'endémie que son poids en santé publique.

La situation actuelle

Les actions d'éradication avaient considérablement limité l'aire d'extension du paludisme. Dans beaucoup de pays où il n'avait pas disparu, il était confiné à des réduits. Depuis l'arrêt des opérations, le parasite tend à reconquérir les zones où il avait été éliminé, à travers des épidémies souvent spectaculaires comme au Sri Lanka, sur les plateaux de Madagascar, au Swaziland, etc. Plus inquiétante est l'apparition du paludisme dans des régions où il n'avait jamais été signalé, comme les hautes terres du Burundi et du Rwanda.

Il y a donc expansion géographique du paludisme par rapport à 1970. En nombre de cas, le bilan est plus accablant dans la mesure où la population des zones d'endémie a au moins doublé.

Les causes de l'expansion du paludisme

On s'est beaucoup interrogé sur la part de responsabilité des changements écologiques dus aux facteurs anthropiques dans cette nouvelle expansion, non seulement dans le but d'expliquer la situation actuelle mais surtout dans une optique prospective et préventive.

Il est impossible de répondre à ces questions si l'on ne prend pas en considération l'hétérogénéité épidémiologique de la maladie. En effet, les changements de l'environnement se répercutent de façon différente suivant les composantes épidémiologiques locales. *Les mêmes causes ne produisent pas les mêmes effets.*

L'hétérogénéité épidémiologique du paludisme

Elle dépend à la fois du parasite, de la réaction de la population ainsi que de l'intensité et du rythme de la transmission :

– le parasite : le *Plasmodium vivax* ayant un cycle sporogonique (temps d'évolution du parasite chez l'anophèle) court est plus facilement transmis que le *Plasmodium falciparum*. Il est rarement létal. Le *Plasmodium ovale*, surtout africain, est peu pathogène ; le *Plasmodium malariae* provoquerait des troubles rénaux mais se rencontre rarement seul. Le *Plasmodium falciparum*, responsable des accès pernicioseux, est le grand « tueur » mais, du fait de la longueur de son cycle sporogonique (de 12 à 20 jours), il n'est transmis que par un nombre très limité d'espèces d'anophèles dites « bons vecteurs » ;

– la réaction de la population : les Africains noirs sont naturellement réfractaires au *Plasmodium vivax* qui ne pénètre pas dans leurs globules rouges (caractère lié à l'absence de l'antigène tissulaire Duffy) ;

– l'intensité et le rythme de la transmission : celle-ci détermine la stabilité (degré d'enracinement) du paludisme qui dépend de l'anthropophilie et de la longévité des vecteurs.

Dans les zones de paludisme stable, la population soumise à une surinfection palustre de sa naissance à sa mort ne survit que grâce au développement d'une prémunition dans les premières années de la vie. La maladie touche donc les enfants, entraînant une mortalité difficile à évaluer. Les adultes dits semi-immuns ne sont plus malades ou font quelques accès sans gravité. Les mécanismes de la prémunition ne sont pas connus (ou très mal) et sont peut-être différents en Afrique et en Asie.

Dans les zones de paludisme instable, les habitants, beaucoup moins sollicités antigéniquement, ne développent pas ou peu d'immunité. Lors des années pluvieuses ou chaudes (en montagne) des épidémies se développent et touchent toutes les classes d'âge. Ces manifestations, peut-être moins meurtrières que la mortalité infantile dans la situation précédente, ont été très médiatisées et ont attiré l'attention sur la gravité du paludisme à un point tel que la prévention des épidémies est devenue un objectif prioritaire de l'OMS.

La diversité du paludisme se manifeste à différents niveaux.

Au niveau intercontinental

La distribution des espèces animales, comme végétales, sur la planète est le résultat de l'évolution ; elle est l'objet de la biogéographie. Chacune des grandes régions biogéographiques (paléarctique, néarctique, afrotropicale, orientale et océanienne ; à l'exception de la région antarctique) héberge un certain nombre d'espèces d'Anophèles diversement réparties selon la disponibilité des biotopes.

La région afrotropicale (Afrique au sud du Sahara, Madagascar, îles périafricaines) a le redoutable privilège d'héberger trois des meilleurs vecteurs du monde : *Anopheles gambiae*, *Anopheles arabiensis* et *Anopheles funestus*. Du fait de leurs gîtes larvaires (collections d'eaux de pluies et bas-fonds d'accumulation des eaux), une ou plusieurs de ces espèces sont présentes partout. Mais aucune ne dépasse la région afrotropicale (sauf importation temporaire au Brésil). Le continent africain est un immense foyer ininterrompu de paludisme à *Plasmodium falciparum*, du Sahara au Kalahari et de Dakar à Djibouti. Le *Plasmodium vivax* est limité aux peuples non mélanofricains (Éthiopiens, Berbéroïdes, Mérina de Madagascar, Bochimans du Kalahari).

La région orientale comporte au moins quatre bons vecteurs de paludisme, différemment localisés suivant leurs gîtes larvaires : *Anopheles minimus* et *Anopheles fluviatilis* se développent dans les ruisseaux des zones collinaires, *Anopheles dirus* vit en sous-bois forestier et *Anopheles sudaïcus* est halophile. Les trois premières espèces transmettent le paludisme à *Plasmodium falciparum* dans les régions collinaires boisées, la quatrième le long des côtes d'Inde, d'Indochine et d'Indonésie. Les plaines sont vierges de vecteurs ou n'hébergent que des vecteurs médiocres (*Anopheles culicifacies* ou *Anopheles sinensis*), ne transmettant que le *Plasmodium vivax*. Il y a donc une répartition focale et limitée du paludisme grave à *Plasmodium falciparum*.

La situation de la Nouvelle-Guinée et de la Mélanésie est assez analogue à celle de l'Afrique avec une large distribution d'*Anopheles farauti* et d'*Anopheles punctulatus*.

En Amérique du Sud, deux foyers dus à *Anopheles albimanus* (en Haïti et en Amérique centrale) et à *Anopheles darlingi* (en Amazonie) s'opposent à des zones indemnes de la maladie.

Dans le bassin méditerranéen, naguère fief très actif du *Plasmodium vivax*, la maladie a été éliminée, ou très réduite, par les opérations d'éradication.

Au niveau régional

À l'intérieur d'une même région (au sens biogéographique du terme) le paludisme n'est pas homogène : il présente divers « faciès épidémiologiques ». Ce concept définit un ensemble où le paludisme présente les mêmes caractéristiques de transmission (pérenne, saisonnière, aléatoire) ; celles-ci entraînant les mêmes réponses de défense des habitants et des manifestations cliniques similaires. En bref, chaque faciès permet de caractériser le paludisme du point de vue de son impact en santé publique (Mouchet *et al.*, 1993).

En Afrique au sud du Sahara on distingue six faciès différents :

– Faciès équatorial : la transmission est élevée durant toute l'année. Les populations développent une immunité avant l'âge de cinq ans. Les cas graves, voire mortels, se produisent en général durant les quatre premières années de la vie. Les adultes, immunisés, ne présentent que de rares épisodes cliniques et peu graves en général.

– Faciès tropical : la transmission, aussi élevée que dans le faciès précédent, est concentrée pendant la grande saison des pluies. Le développement des processus de défense est identique à celui du faciès précédent. Les cas cliniques, essentiellement chez les enfants, sont concentrés pendant la saison des pluies ou en début de saison sèche.

– Faciès sahélien : la transmission, concentrée pendant la courte saison des pluies, diminue avec les précipitations. La maladie est beaucoup moins stable et l'immunité, qui s'établit beaucoup plus tardivement, est moins solide. Les cas cliniques graves s'observent chez les enfants certes, mais aussi chez les jeunes adultes. La gravité du paludisme varie d'une année à l'autre suivant les précipitations.

– Faciès sahélo-saharien : la transmission, liée aux pluies, est très irrégulière suivant les années, voire inexistante certaines années sèches. Le paludisme est très instable et les habitants ne présentent guère d'immunité. Aussi, lors des années pluvieuses (1988 par exemple), des épidémies meurtrières se produisent.

– Faciès austral : il pourrait être défini comme un faciès sahélien, modifié par l'altitude dans le sud du continent. Le paludisme est instable et déferle sous forme d'épidémie.

– Faciès montagnard (au-dessus de 1 500 m d'altitude) : il se caractérise par une forte instabilité génératrice d'épidémies lors des années chaudes. Le réchauffement du globe pourrait modifier la répartition et la gravité du paludisme dans ce faciès. Ces dernières années, des épidémies importantes s'y sont produites et semblent se répéter d'une année sur l'autre.

Les interactions avec le climat sont difficiles à établir par suite de l'incertitude des statistiques médicales et de la disparité des données météorologiques. Dans ces zones souvent très peuplées, les facteurs anthropiques locaux acquièrent une importance si grande qu'ils masquent quelquefois les facteurs climatiques.

La carte de la planche 5 situe ces différents faciès en Afrique. Les faciès 1, 2, 3 et 5 se retrouvent à Madagascar. Les Comores, Sao Tomé et Malabo appartiennent au faciès 1 ; les îles du Cap-Vert appartiennent aux faciès 3 ou 4. Les îles Maurice et la Réunion appartiennent probablement au faciès 2, mais les opérations de lutte antipaludique ont bouleversé les tendances naturelles.

Au niveau local

Dans un même faciès, la répartition des vecteurs est modifiée par des particularismes liés au relief, notamment les pentes des montagnes (Mandara, Bamiléké au Cameroun), aux grands cours d'eau (Nil et Niger dans le Sahara) et au sol (steppes batéké au Congo, sols volcaniques).

Dans un faciès stable, ces différences ont peu de répercussion sur les manifestations du paludisme.

Sur les plateaux batéké, la transmission est vingt fois plus faible qu'à Djoumouna près de Brazzaville (50 piqûres infectées par homme et par an contre 1 000) mais les manifestations cliniques dans la population restent identiques tant il y a d'excédent de transmission à Djoumouna. La stabilité constitue un volant d'inertie et il faut de grands changements pour modifier la situation.

La présence d'un grand fleuve augmente la durée de la saison de transmission (mares résiduelles de décrues) et quelquefois son intensité. Le long du Nil et du Niger dans leur traversée du Sahara, se crée un véritable manchon de paludisme plus ou moins stable, qui s'oppose au paludisme très instable ou absent de l'hinterland.

La distance des habitations aux gîtes larvaires entraîne de grandes disparités dans le taux de piqûre des habitants. Cette variation est neutre sur la maladie dans les zones stables mais devient significative dans les zones instables.

Les modifications de l'environnement et le paludisme

Les changements naturels et globaux

Depuis sa « naissance » jusqu'à nos jours, la terre n'a cessé d'évoluer tant dans sa morphologie que dans son climat et dans la composition de la biosphère. Les derniers grands bouleversements, les glaciations, ont profondément affecté les faunes ; le Sahara vert date de 7 000 à 8 000 ans ; les climatologues estiment que nous sommes dans une période interglaciaire. Généralement, ces bouleversements ont été lents encore que l'hypothèse de la disparition des dinosaures à la suite de la collision de la terre avec un gros météorite ne soit pas exclue.

On observe actuellement des modifications climatiques sensibles notamment un réchauffement. D'après certains, il serait dû à l'effet de serre consécutif à l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO₂, elle-même provoquée par le déstockage du carbone fossile (combustion du charbon et des hydrocarbures). On parle également de la destruction de la couche d'ozone.

Quelques météorologistes ont prédit une augmentation de 2 à 3°C de la température du globe ; la plupart restent beaucoup plus prudents, étant donné l'actuelle méconnaissance du rôle régulateur des océans, grande réserve de carbone. Quant à la destruction de la couche d'ozone, elle est sujet de contestations.

Sans préjuger du futur et échafauder des scénarios catastrophes, on doit constater que la décennie 1980 a été la plus « chaude » de ce siècle. Il se trouve que l'élévation maximale en 1987/1988 correspond à des épidémies en zone d'altitude (Madagascar), même dans des régions où il n'y avait pas, ou très peu, de paludisme précédemment (Rwanda, Burundi, Cameroun). Un rapport bien documenté du Rwanda montre des corrélations très étroites entre température et paludisme au-dessus de 1 400 m et rejette les explications sociologiques, à savoir que les populations seraient descendues dans les cuvettes (gîtes d'*Anopheles funestus*) pour cultiver.

La température est un facteur limitant de la transmission ; le cycle sporogonique, cycle parasite chez le moustique, passe de 12/14 jours à 25°C, à 20/25 jours à 20°C et devient impossible au-dessous de 18°C. En fait, ce

qui importe n'est pas tant la température extérieure que la température dans les maisons, lieux de repos des anophèles qui bénéficient d'un microclimat plus chaud.

A Madagascar, l'insécurité a conduit les paysans à faire stabuler le bétail au rez-de-chaussée des habitations. Ceci a pu avoir un double effet : attirer les anophèles à régime trophique mixte (bétail/homme) et augmenter la température de la maison. Le facteur social est imbriqué au facteur climatique.

Cette influence des variations climatiques est un thème de recherche très porteur. En effet, un réchauffement de la planète pourrait provoquer une extension du paludisme en altitude et en latitude.

Les modifications anthropiques locales

Depuis la révolution néolithique, il y a 10 000 ans, l'homme n'a cessé de modifier l'environnement pour le plier à ses besoins. Ce processus s'est considérablement accéléré depuis la révolution industrielle du XIX^e siècle et surtout depuis le « boom » démographique des pays tropicaux au cours des 50 dernières années. On a du mal à envisager l'état de la planète en 2050 étant donné les progrès de l'ingénierie pour satisfaire une demande en progression exponentielle.

En ce qui concerne le paludisme, les modifications significatives de l'environnement portent à la fois sur les modifications des couvertures végétales, sur les manipulations du réseau hydrographique, sur l'urbanisation, sur le développement des transports et sur les actions volontaristes contre le paludisme :

Modifications des couvertures végétales

En Afrique, les vecteurs hélophiles (*Anopheles gambiae* et *Anopheles funestus*) ne se développent pas dans le sous-bois ; ils sont absents des huttes des Pygmées. Mais l'ouverture de la voûte forestière pour la création des villages, des plantations, des voies de communication, entraîne l'apparition quasi immédiate d'*Anopheles gambiae* s.s. (en moins de trois mois dans un placier aurifère en pleine forêt primaire au Zaïre ; Vincke, communication personnelle). Il est cependant difficile de dire que la déforestation est un facteur de risque puisqu'il y avait peu d'habitant dans les sous-bois.

En Asie du Sud-Est, les vecteurs sont ombrophiles (notamment *Anopheles dirus*) et la destruction de la forêt est réductrice du paludisme (méthode de prévention au Vietnam). Cependant, le forestage est une acti-

vité à haut risque dans toute la péninsule indochinoise d'autant que les populations qui le pratiquent sont souvent des allochtones non immuns.

En Amérique du Sud, l'exploitation sauvage de l'Amazonie, notamment par les chercheurs d'or, est la cause d'une flambée de paludisme à *Plasmodium falciparum* transmis par *Anopheles darlingi*. Les « garimpeiros », qui vivent sous des « carbets » précaires sans protection contre les anophèles, sont contaminés, mal soignés et disséminent le parasite. On a voulu ramener cette épidémie à de simples causes sociologiques mais les modifications anthropiques du milieu, absolument pas contrôlées, y ont une part de responsabilité au moins aussi lourde.

Dans les savanes sèches d'Afrique, plusieurs années déficitaires en pluies ont entraîné des processus de désertification. Les troupeaux groupés autour des puits ont tassé ou quasiment cimenté le sol sur des centaines de mètres, voire des kilomètres autour des points d'abreuvement. Lors des fortes pluies (en 1988 notamment au Botswana), l'eau est restée à la surface de ce sol rendu imperméable, entraînant une prolifération sans précédent d'*Anopheles arabiensis*, suivie d'une épidémie meurtrière de paludisme. On a de bonnes raisons de penser que le même phénomène s'est produit dans d'autres régions africaines.

Manipulations du réseau hydrographique

• Citernes, forages, adduction d'eau

A la grande Comore, le sol volcanique est très perméable et il n'y a pas d'eau de surface, ni de gîtes pour les vecteurs. Vers 1920, des citernes ont remplacé les puits de la zone littorale qui ne donnaient qu'une eau de mauvaise qualité. Elles furent rapidement colonisées par *Anopheles gambiae* s.s. et une épidémie de paludisme ravagea l'île en 1923/1924, tuant apparemment près de 20 % des habitants ; depuis, la situation est devenue hyperendémique.

Dans les oasis du Sahara afrotropical (au sud du Hoggar), les eaux de surface en général minéralisées sont occupées par *Anopheles d'thali*, non vecteur. En 1992, on a constaté que le paludisme était devenu endémique dans la population haoussa de l'oasis de Bilma, jusqu'ici considérée comme indemne. On pense que cette situation s'est développée à la suite de forages qui ont amené l'eau douce en surface. Les circonstances politiques n'ont pas permis d'étudier le problème.

Le territoire de Djibouti était considéré comme une des seules régions d'Afrique indemne de paludisme parce qu'il n'y avait pas de vecteur, les eaux de surface étant occupées par *Anopheles d'thali* (observation personnelle). En 1975, *Anopheles gambiae* s.l. (probablement *Anopheles arabiensis*) fut signalé lors d'une épidémie de paludisme autochtone. Depuis,

cette situation a perduré. *Anopheles gambiae* s.l. est très abondant dans toutes les collections d'eaux de surface, alimentées semble-t-il par de nombreux forages. Plus troublant, *Anopheles gambiae* a colonisé des puits où il ne se trouvait pas auparavant. Ce cas, tout à fait intéressant dans une optique prospective, n'a pu être étudié correctement en raison des troubles politiques et de l'absence d'éco-épidémiologiste sur le terrain.

• *Barrages et systèmes d'irrigation*

Les barrages, grands ou petits, créent au niveau de leurs retenues des gîtes favorables à diverses espèces d'anophèles (*Anopheles gambiae* et *Anopheles arabiensis* en région afrotropicale et *Anopheles labranchiae* dans le Maghreb). Dans les faciès stables d'Afrique tropicale, leur présence n'a rien changé à une situation saturée ; ailleurs, il n'y a pas d'information. Dans le Maghreb, la pullulation d'*Anopheles labranchiae*, bon vecteur au moins du *Plasmodium vivax*, ne s'est pas traduite par une augmentation du paludisme (ni en Tunisie, ni en Algérie) mais la situation demande à être surveillée.

Les surfaces irriguées voient se succéder diverses espèces suivant la croissance des cultures. En Afrique, *Anopheles gambiae* s.l. pullule dans les rizières au moment du repiquage puis apparaissent ensuite diverses espèces non vectrices comme *Anopheles coustani* et *Anopheles pharoensis* ; *Anopheles funestus* a été signalé dans les rizières en fin de développement au Kenya et à Madagascar, mais cette espèce pullule surtout dans les drains mal entretenus à haute et dense végétation.

L'implantation de rizières a provoqué une épidémie dans la vallée de la Ruzizi au Burundi, où le paludisme était instable. Au Burkina Faso, où le paludisme était stable, la riziculture a été neutre dans la vallée du Kou ; mieux encore, les riziculteurs, disposant de revenus plus importants, ont pu acheter des médicaments et des moustiquaires rendues nécessaires par la nuisance culicidienne.

En Chine, les zones rizicoles produisent en abondance *Anopheles sinensis* (très modeste vecteur) et *Anopheles anthropophagus* ; un paludisme à *Plasmodium vivax* sévit dans diverses provinces (Guangdong, Sichuan, entre autres) mais ne revêt pas un caractère de haute gravité.

Dans la péninsule indochinoise et en Inde, il n'y a pas de vecteurs inféodés aux rizières qui constituent ainsi des zones saines.

Dans le nord de l'Afghanistan, la création de rizières a entraîné une endémisation du *Plasmodium vivax*.

Il est donc difficile de faire un pronostic sur les effets de l'irrigation sans connaître les vecteurs susceptibles de s'y adapter et les caractéristiques du faciès épidémiologique. Le pessimisme qui a été de règle dans

les milieux médicaux face aux travaux de mise en valeur, doit être sérieusement tempéré.

Urbanisation

L'urbanisation est l'occupation du sol par des habitations et diverses infrastructures. L'environnement originel subsiste plus ou moins dans les zones suburbaines et se réduit en allant vers le centre urbain. La place disponible pour les gîtes naturels s'amenuise en même temps que les eaux de surface, polluées par les effluents domestiques ou industriels, sont peu propices au développement des anophèles.

Dans la région afrotropicale, il y a donc diminution de la transmission de la périphérie vers le centre. A Bobo-Dioulasso par exemple, on a 350 piqûres infectées par homme et par an dans les villages suburbains, 4 dans les quartiers périphériques et 0,5 au centre ville.

La diminution de la transmission s'accompagne de la perte de l'immunité des habitants. Il y a moins de cas à la ville qu'à la campagne, mais ils sont plus graves ; on a même vu un paludisme pernicieux chez un adulte à Yaoundé.

A Pikine, dans une zone sahélienne à faible transmission, l'établissement de bassins d'arrosage pour les jardins a augmenté la transmission dans les quartiers voisins.

En Inde, un paludisme urbain dû à *Anopheles stephensi* se développe à partir des citernes des habitations. La campagne alentour est indemne.

Rien de semblable n'existe en Afrique. Cependant, durant la construction, on peut voir ponctuellement une augmentation de la transmission due aux fosses d'emprunt de terre, excellents gîtes d'*Anopheles gambiae*. Bien que ce cas de figure ait été mis en avant par de nombreux auteurs, on ignore sa traduction en santé publique. Elle dépend probablement de la stabilité du paludisme dans la région de l'agglomération.

Le développement des transports

Actuellement, aucun pays n'est à l'abri de l'importation des agents pathogènes par l'homme parasite. Pour que se crée une transmission autochtone, il faut qu'un vecteur potentiel soit présent (Amériques après l'arrivée des Européens) ou qu'il soit importé. Par exemple, le paludisme importé aux Mascareignes dès le XVII^e siècle n'est devenu autochtone qu'après l'implantation d'*Anopheles gambiae*, au milieu du XIX^e siècle (1864 à Maurice).

Les conditions d'implantation d'une espèce d'insecte sont inconnues ; la présence de gîtes larvaires ad hoc, de nourriture, la compatibilité avec les prédateurs et agents pathologiques locaux et les conditions climatiques

sont certainement concernés, mais ce domaine est si peu exploré et met tant de paramètres en jeu que tout pronostic est impossible.

Anopheles gambiae (probablement *Anopheles arabiensis*) a été importé dans la région de Natal au Brésil, soit par des avisos rapides soit par les premiers avions transatlantiques. Il a été « éradiqué » après une campagne de lutte antilarvaire. Mais était-il réellement bien implanté ? Les mêmes mesures appliquées à la Réunion n'ont pas délogé *Anopheles arabiensis*.

Anopheles arabiensis a envahi le sud de l'Égypte au moins deux fois dans les années 1940. Il aurait été également éradiqué mais est-ce par les mesures antilarvaires ou par le froid de l'hiver ?

L'Algérie craint que l'ouverture de la route transsaharienne ne prélude à une invasion de son territoire par *Anopheles gambiae*. C'est certes légitime mais il est probable que cet anophèle ait été importé depuis longtemps dans le Sud algérien, notamment avec les avions faisant escale dans les oasis pendant et après la Deuxième Guerre mondiale. Il n'a apparemment pas fait souche.

Les actions volontaristes de lutte antipaludique

Parmi les actions de lutte antipaludique menées depuis le début du siècle, seules les opérations d'éradication basées sur les traitements insecticides intradomiciliaires, ont réellement fait reculer le paludisme. C'est leur arrêt qui imprime à l'endémie sa tendance à reconquérir le terrain perdu.

La résistance des *Plasmodium* à la chloroquinine et aux autres produits a rendu le traitement des malades plus difficile dans certains pays mais n'est pas à l'origine de l'augmentation du nombre des cas, ni de l'extension géographique de la maladie. En effet, le traitement des malades supprime les formes asexuées du sang mais est sans effet sur les gamétocytes (formes sexuées), donc sur la transmission. Les techniques d'évaluation de la résistance sont simples et ne demandent aucune imagination ; elles ont été classées comme recherches prioritaires par beaucoup de laboratoires des pays industrialisés alors qu'il s'agit de simple surveillance de routine. Mais ce type de pseudo recherche produit beaucoup de publications pour des revues peu exigeantes. Cependant le développement des résistances doit stimuler la recherche de nouvelles molécules curatives et pourquoi pas, préventives, ce qui est tout à la fois aléatoire et onéreux.

En plus de ces modifications de l'environnement, des changements de climat sont susceptibles de modifier le potentiel d'accueil d'un vecteur.

Le futur du paludisme

Tous ceux qui ont suivi l'évolution de la lutte antipaludique au cours des 30 dernières années sont attristés par le manque d'ambition des programmes définis au sommet d'Amsterdam, l'absence de volonté politique des pays d'endémie et la lassitude des pays industrialisés à soutenir des programmes auxquels les nationaux ne croient plus. Seules quelques épidémies, comme celle de Madagascar, viennent secouer cette léthargie, mais les bonnes intentions s'enlisent très vite dans l'indifférence.

L'OMS préconise de n'appliquer que des stratégies durables (*sustainable*). C'est très rationnel et très honorable, mais cela limite considérablement les dispositifs à mettre en œuvre. En effet, les pays les plus touchés sont souvent des PMA qui n'ont guère de moyens à consacrer au paludisme. Force leur est donc de faire appel à la solidarité internationale. Celle-ci se manifeste par des programmes à durée limitée. Or, précisément, la lutte antipaludique ne peut pas être limitée dans le temps, surtout là où l'endémie est stable.

Toute stratégie ou même technique faisant appel à l'aide extérieure ne serait donc pas acceptable. Ce terme de « durable » limite terriblement les actions à mettre en œuvre et en même temps permet aux bailleurs de fonds d'éviter de s'investir dans une action dont la fin ne peut être programmée.

C'est pourquoi je pense, mais cela n'engage que moi, que le document qui a servi de base de discussion à la conférence interministérielle d'Amsterdam (Najera, Liese et Hammer, 1992) n'est pas suffisamment stimulant pour l'action. La lutte antipaludique exige une continuité qui ne s'accommode pas des modalités d'aide internationale basées sur des projets limités dans le temps.

D'autre part, sortir de l'action médicale primaire (le traitement des cas) exige des structures contenant une certaine expertise, entomologique notamment, dont la spécialisation va à l'encontre de l'esprit d'intégration qui s'est développé à travers les Soins de santé primaire (SSP).

Le traitement des accès est une priorité admise par tous, même par les PMA. Mais les dispensaires sont souvent vides et beaucoup de soignants n'opèrent que moyennant rémunération, d'autant plus que leurs salaires sont irréguliers. Aussi constate-t-on que nombre de personnes (80 % au Nigeria) pratiquent l'auto-traitement. A Madagascar, la quasi-démédicalisation de la chloroquine a facilité l'accès de la population aux médicaments à un prix raisonnable (en vente dans les épiceries).

Ces auto-traitements sont fortement critiqués par certains spécialistes qui craignent que les sous-dosages ne soient générateurs de résistance, hypothèse qui circule mais dont les fondements ne sont ni rationnels, ni établis. Au contraire, le Nigeria essaie de canaliser cette tendance en veillant à ce que les produits mis sur le marché soient de bonne qualité. Dans les zones de résistance à la chloroquine, l'auto-traitement devient plus difficile et peut même être dangereux ; il en est de même d'ailleurs dans certains centres de santé.

La lutte antivectorielle par traitements intradomiciliaires demande un service spécialisé et continue à être employée dans les pays qui avaient mis sur pied de tels services. Le DDT qui tache les murs mais ne tue plus les pestes domestiques, a tendance à être remplacé par des organo-phosphorés, des carbamates et des pyrethrinoïdes. Certains produits donnent d'excellents résultats mais leur prix limite leur emploi (au Vietnam, par exemple).

D'autre part, beaucoup de services sont démobilisés (Thaïlande, Inde), suite aux attaques dont ils ont été l'objet, tant de la part des intégrationnistes que des écologistes.

Les méthodes écologiques, testées par des projets pilotes dans des régions à paludisme instable (Inde), n'ont pas endigué la première épidémie sérieuse (1988), malgré les bilans enthousiastes qui avaient été publiés. Dans les zones de paludisme stable, elles ne sont même pas envisageables (Mouchet *et al.*, 1991).

Les moustiquaires imprégnées de pyrethrinoïdes ont donné de bons résultats en Chine où les gens se protègent déjà avec des moustiquaires qu'il suffit de traiter. Là où leur emploi n'est pas général, leur acceptation est quelquefois difficile. L'achat de la moustiquaire pose problème pour les populations les plus pauvres : son prix varie de 2 à 3 US dollars en Asie et de 10 à 20 US dollars en Afrique. L'argument opposé à leur emploi, à savoir la perte de l'immunité par absence de piqûres infectées, n'est pas prouvé, d'autant que les moustiquaires, fussent-elles imprégnées, n'arrêtent pas toute transmission et qu'il y a un entretien de l'immunité. Le prix de l'imprégnation est inférieur à 1 US dollar pour un an de protection. Même pour cette méthode très simple, l'usage a montré qu'il faut une équipe spécialisée pour informer et éduquer la population à l'imprégnation (Centres d'imprégnation au Cameroun). Le grand espoir depuis 1975 est le vaccin que l'on croyait proche et que l'on attend toujours. On ne peut se prononcer sur la valeur de cet « outil » tant que l'on n'en connaîtra ni la durée, ni le degré de protection, ni le mode de conservation, ni le prix.

Actuellement, on envisage l'essai d'un vaccin antiparasitaire en Papouasie (par l'armée américaine) et celui d'un vaccin à base de peptides synthétiques, développé par Pattaroyo en Tanzanie. L'optimisme n'est pas de mise chez les paludologues, hormis ceux directement impliqués dans la production du vaccin.

Dans de telles conditions, bien que l'on soit en mesure de guérir tous les cas, l'avenir de la lutte antipaludique est plutôt sombre et les *Plasmodium* ne sont pas encore des espèces en voie de disparition.

Bibliographie

- BRUCE-CHWATT, (L.J.), DE ZULUETA, (J.), 1980, *The rise and fall of malaria in Europe*, Oxford University, Press, Londres, 240 p.
- BRUCE-CHWATT, (L.J.), 1980, *Essential Malariology*, Heinemann, Londres, 353 p.
- DANIS, (M.), MOUCHET, (J.) (Coord.), 1991, *Paludisme*, Ellipses-AUPELF, Paris, 240 p.
- MACDONALD, (G.), 1957, *The epidemiology and control of malaria*, Oxford University, Press, Londres, 201 p.
- MOUCHET, (J.), CARNEVALE (P.), COOSEMANS (M.), FONTENILLE (D.), RAVAONJAAHARY (C.), RICHARD (A.), ROBERT (V.), 1993, Typologie du paludisme en Afrique, *Cahiers Santé*, 3, p. 220-238.
- MOUCHET, (J.), ROBERT, (V.), CARNEVALE, (P.), RAVAONJANAHARY, (C.), COOSEMANS, (M.), FONTENILLE, (D.), LOCHOUARN, (L.), 1991, Le défi de la lutte contre le paludisme en Afrique tropicale : place et limite de la lutte antivectorielle, *Cahiers Santé*, I, p. 227-288.
- NAJERA, (J.A.), LIESE, (B.H.), HAMMER, (J.), 1992, *Malaria: new patterns and perspectives*, World Bank Technical Paper, 183, Washington, 92 p.
- RUSSEL, (P.F.), WEST, (L.S.), MANWELL, (R.D.), MACDONALD, (G.), 1963, *Practical Malariology*, Oxford University Press, Londres, 750 p.

SOUS LA DIRECTION DE
Francis Gendreau, Patrick Gubry et Jacques Véron

Populations et environnement dans les pays du Sud

Préface de Nahan Keyfitz



KARTHALA-CEPED

SOUS LA DIRECTION DE
Francis Gendreau, Patrick Gubry et Jacques Véron

Populations et environnement dans les pays du Sud

Préface de Nathan Keyfitz

KARTHALA
22-24, boulevard Arago
75013 Paris

CEPED
15, rue de l'École-de-Médecine
75006 Paris