

# Influence du climat sur les épidémies de méningite à méningocoque à Niakhar (Sénégal) de 1998 à 2000 et recherche d'indicateurs opérationnels en santé publique

IBRAHIMA MBAYE<sup>1,2</sup>  
PASCAL HANDSCHUMACHER<sup>1,2</sup>  
JEAN-PHILIPPE CHIPPAUX<sup>3</sup>  
ALDIOUMA DIALLO<sup>3</sup>  
JACQUES-ANDRÉ NDIONE<sup>4</sup>  
PATRICE PAUL<sup>1</sup>

1. Faculté de géographie et d'aménagement, 3, rue de l'Argonne, 67083 Strasbourg Cedex <ibrahima.mbaye@equinoxe.u-strasbg.fr>

2. Unité de recherche 024 « Épidémiologie et prévention », Institut de recherche pour le développement (IRD), BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5

3. Unité de service 009, Espace de recherche intégrée sur la santé des populations, Centre IRD, BP 1386, Dakar, Sénégal

4. Centre de suivi écologique (CSE), Rue Léon C. Damas, Fann Résidence, BP 15 532, Dakar Fann, Sénégal

Tirés à part :  
I. Mbaye

**Résumé.** En Afrique de l'Ouest, les épidémies de méningite cérébro-spinale sont en grande partie associées au souffle de l'harmattan. Ces deux événements, épidémiologique et météorologique, ne surviennent cependant pas de manière systématique, ni tous les ans, ni sur l'ensemble de la ceinture de la méningite décrite par Lapeyssonnie. Si les services de soins sont plus vigilants aux signes que peut présenter cette maladie durant la saison de l'harmattan, il serait opportun de disposer d'indicateurs prédictifs, offrant un bon degré de sensibilité, des risques d'apparition de la maladie en temps et en lieux. Cette étude a pour objet de rechercher un ou plusieurs facteurs météorologiques susceptibles de jouer ce rôle d'indicateurs de l'apparition de la méningite, à l'échelle locale, dans un espace rural sahélien du bassin arachidier sénégalais, la zone d'étude de Niakhar. Sur ce site, des épidémies de méningite sont survenues en 1998, 1999 et 2000. Elles sont apparues à chaque fois au début du maximum de la saison sèche et froide, plus particulièrement lorsque l'humidité relative s'abaissait autour du seuil de 30 %. Cependant, si la piste s'est révélée intéressante, ces dispositions ne se révèlent pas suffisamment spécifiques pour servir d'indicateurs à l'usage des stratégies de santé publique. Le faible nombre d'années épidémiques étudiées à Niakhar n'a pas favorisé l'obtention de résultats statistiques forts. Sur un thème où l'échelle régionale est habituellement privilégiée, sans doute conviendra-t-il à l'avenir de multiplier les études sur sites, dans d'autres faciès éco-géographiques, pour dépasser le cadre de la description des conditions nécessaires, mais non suffisantes, à l'apparition des épidémies de méningite.

**Mots clés :** climat ; épidémie ; facteur risque ; méningite ; prévision ; Sénégal ; vent.

**Summary.** *The influence of climate on meningococcal meningitis epidemics in Niakhar (Senegal) from 1998 to 2000: Looking for operational public health indicators*

*In West Africa, epidemics of cerebrospinal meningitis are mainly associated with the wind known as the harmattan. These two events, epidemiologic and climatic, do not occur systematically every year or throughout the entire meningitis belt described by Lapeyssonnie. While health providers are especially alert to the clinical signs of this disease during the harmattan season, it would nonetheless be useful to have predictive indicators sensitive to high risks of outbreak in the relevant times and places. The purpose of this study was to seek one or more climatic factors able to serve as an indicator of the local onset of meningitis outbreaks. The study zone was Niakhar,*

*located in a Sahelian rural area in central Senegal. Meningitis epidemics occurred here in 1998, 1999 and 2000. They appeared when the cold, dry season had reached its height, and more particularly, when relative humidity fell to around the threshold of 30%. However, although this information was useful, it was not sufficiently specific to be used as an indicator for public health strategies. That brevity of the study period (3 years) did not help ensure strong statistical results. For a topic usually studied on a regional scale, it would be now useful to conduct more local studies in other eco-geographical contexts, to move beyond the simple description of conditions that are necessary but not sufficient for the appearance of meningitis epidemics.*

**Key words:** climate; disease outbreaks; forecasting; meningitis; risk factors; Senegal; wind.

**E**n Afrique, 300 millions de personnes, dont une proportion importante réside dans les pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest, vivent sous la menace des méningites à méningocoque [1]. Dans cette région, la méningite occupe une place de premier ordre dans la liste des maladies les plus redoutées. Mais sa répartition spatio-temporelle n'est pas aléatoire : divers éléments du climat jouent un rôle important dans son déclenchement, en particulier l'arrivée de l'harmattan qui est l'alizé soufflant du nord-est, vent chaud et sec, chargé de sable et de poussière [2-4]. Le lien entre l'apparition de la méningite et le temps d'harmattan exprime une réalité. Mais se contenter de ce constat implique la mise en alerte systématique des services de santé à chaque saison d'harmattan avec une certaine probabilité, au demeurant non quantifiée, de concrétisation du risque. N'y a-t-il pas lieu de dépasser ce constat pour affiner les résultats et aller, au-delà des simples facteurs de risque, jusqu'à l'identification d'indicateurs pour lesquels le passage d'un seuil permettrait de tirer la sonnette d'alarme, face à un risque devenu plus réel que potentiel ? En développant une recherche fine à l'échelle locale, il s'agit donc de s'inscrire dans un débat qui dépasse largement le cas de la méningite pour tenter d'identifier des indicateurs précoces de risque, liés à la réalité de l'expression de la maladie.

À la suite de Lapeyssonnie [5], qui a décrit la « ceinture de la méningite » en Afrique de l'Ouest, nombre d'auteurs ont confirmé la relation spatio-temporelle existant entre l'apparition de la maladie et l'extension de l'harmattan. Ainsi, Rémy [6] a situé les paysages épidémiologiques de la méningite cérébro-spinale en grande partie dans la dynamique de l'harmattan, Oke [7] suggérant, quant à lui, que le contexte climatique pourrait expliquer 14 à 34,5 % de la variance totale de la maladie dans le nord du Bénin. Dans ce même pays, et à partir d'une série de neuf ans (1984-1992), Besancenot *et al.* [8] ont démontré que la baisse du contenu de l'air en vapeur d'eau constituait l'une des caractéristiques les plus constantes de l'ambiance climatique dans laquelle se déclenche la maladie. Moore *et al.* [9, 10] ont, eux aussi, considéré la baisse de l'humidité atmosphérique comme une circonstance qui facilite l'apparition de la méningite à méningocoque, en Afrique subsaharienne. Molesworth *et al.* ont très récemment confirmé cette assertion pour le Sahel africain, ce qui les a conduits à proposer un modèle d'identification des régions à risque, à partir des variables climatiques et plus spécialement hygrométriques [11, 12]. Dans le même ordre d'idées, Sultan *et al.* [13] viennent d'établir qu'il existait une cohérence entre l'échelle régionale de la circulation atmosphérique et l'évo-

lution saisonnière d'une épidémie de méningite au Mali. Ainsi, à partir de la vitesse du vent et de l'humidité spécifique des basses couches de l'atmosphère, à l'échelle de l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, mais surtout à l'échelle plus fine du Mali, ils ont mis en évidence la liaison qui existe entre la semaine du maximum de l'hiver et le démarrage de la méningite cérébro-spinale. Au-delà de la limite géographique qui a permis à Lapeyssonnie de décrire l'extension de la ceinture de la méningite, tous ces travaux confirment la place des événements climatiques et de certaines de leurs caractéristiques particulières dans l'occurrence des cas.

De tels résultats plaident en faveur de la nécessité d'augmenter la vigilance des services de santé vis-à-vis de cette pathologie, sur un espace et une période donnée. Mais si les études citées plus haut mettent assez bien en évidence le cadre climatique général rendant possible l'apparition d'épidémies de méningite, la survenue n'est en rien automatique en présence de ces dispositions : les années d'harmattan marqué ne sont pas toutes des années à épidémies de méningite.

Par ailleurs, au sein de l'aire d'extension de la maladie, toutes les zones ne sont pas également touchées. Il convient donc de s'interroger sur la complexité probable des facteurs à l'origine de son apparition. Derrière le terme générique d'harmattan, il serait bon de vérifier s'il n'existe pas plusieurs réalités, calquées sur les degrés d'interaction entre les caractéristiques spécifiques qui composent un événement climatique. Il faudrait aussi voir si les niveaux d'analyse, le plus souvent régionaux, ne masquent pas des spécificités locales, déterminantes dans l'existence ou l'absence de la maladie. Par une étude rétrospective comparant les caractéristiques du temps d'harmattan lors d'années épidémiques et d'années non épidémiques à échelle locale, il serait peut-être possible alors de dégager des indicateurs ayant un pouvoir prédictif suffisant pour déterminer un seuil d'alerte à l'usage des services de santé publique. Tels sont les principaux objectifs que se fixe ce travail, à partir de l'analyse des épidémies de méningite survenues dans la zone de Niakhar entre 1998 et 2000.

## Données et méthode

### La zone d'étude de Niakhar

Le secteur étudié se trouve à 150 km à l'est de Dakar, dans le centre-ouest du Sénégal, au cœur du bassin arachidier. Il appar-

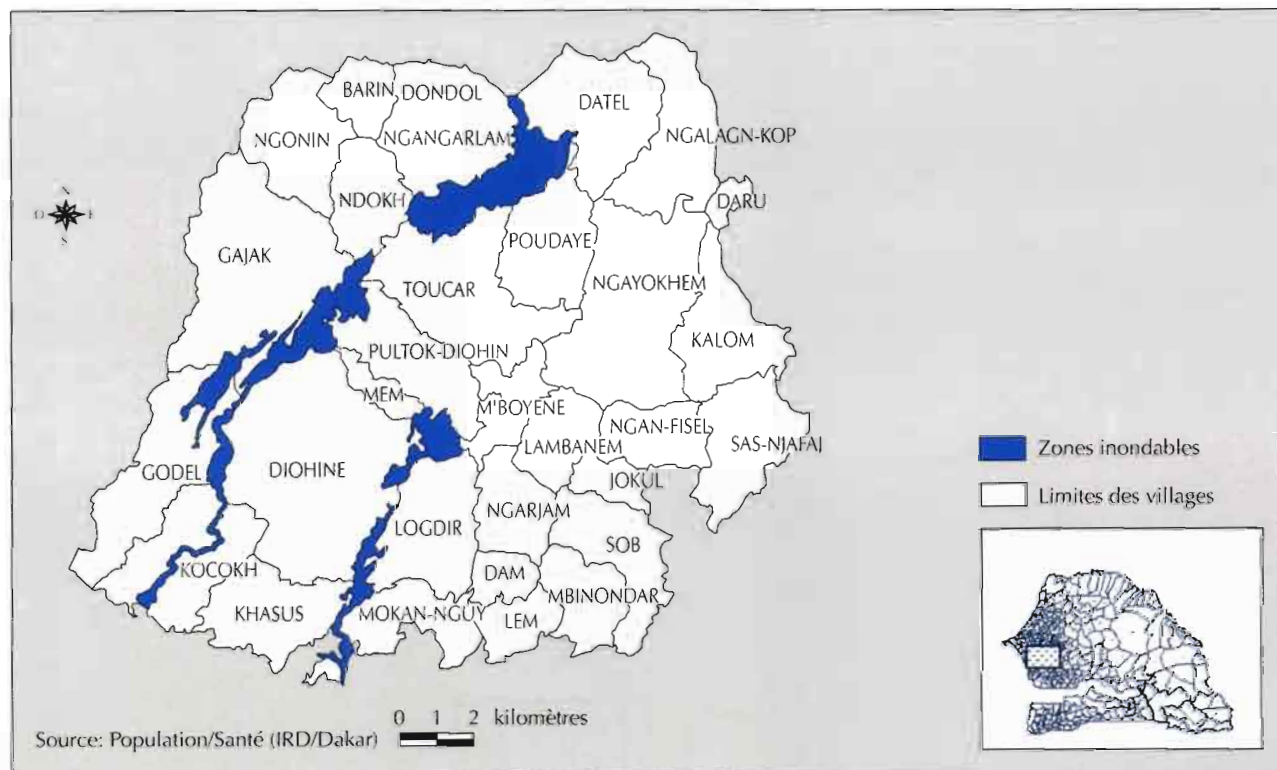


Figure 1. Localisation géographique des villages de la zone d'étude de Niakhar.

tient au domaine climatique sahélien. Les précipitations faibles (oscillant, selon les années, d'un minimum de 100 à 200 mm jusqu'à un maximum de 500) sont essentiellement liées à la mousson et concentrées sur 3 à 4 mois [14]. Les températures les plus élevées se placent en mai ou en juin [14].

Dénoté « zone de Niakhar », du nom d'un chef-lieu d'arrondissement le jouxtant, l'espace étudié couvre une superficie de 200 km<sup>2</sup> (figure 1). Des enquêtes démographiques et épidémiologiques y sont menées de façon régulière par l'Institut de recherche pour le développement (IRD, ex-Orstom). Centré d'abord sur 8 villages entre 1963 et 1982, le secteur étudié en compte 30 depuis 1983 [15]. L'effectif de la population y atteint 30 000 habitants, avec une importante proportion de jeunes (65 % de moins de 25 ans). Les taux de natalité et de mortalité s'établissent respectivement à 42 et 15 pour 1 000, ce qui entraîne un accroissement naturel de l'ordre de 2,7 % (chiffres de 2001). La zone de Niakhar se caractérise en outre par l'une des densités rurales les plus élevées du Sénégal, avec 151 habitants au kilomètre carré [15].

### Données épidémiologiques

En l'absence d'enquêtes directes auprès de la population, les données épidémiologiques en milieu rural africain souffrent souvent de biais de recrutement de la part des structures sanitaires qui fournissent les registres recensant les cas de maladie. Elles sont également en partie faussées par l'inégale répartition de l'offre de soins, ainsi que par la faiblesse des moyens de

diagnostic et de confirmation bactériologique, parasitaire ou virologique.

Toutefois, la base de données de la zone de Niakhar, organisée et gérée par le programme de l'IRD « Espace de recherche intégrée sur la santé des populations », nous a offert l'occasion d'utiliser, comme indicateurs de santé, les « autopsies verbales » [16] qui recensent la totalité des décès survenus dans la zone. S'affranchissant des registres des dispensaires et des biais qui y sont liés, l'autopsie verbale est un travail de diagnostic destiné à rechercher *a posteriori* les causes de décès, tout à la fois, auprès des familles, de l'entourage et des établissements de soins. Pour chaque décès, un dossier est établi. Chaque dossier est examiné indépendamment par deux médecins. En cas de discordance dans les diagnostics posés, les dossiers sont réexaminés en commission avec un troisième médecin ; un consensus est alors trouvé sur le diagnostic le plus vraisemblable. Ainsi, chaque cas mortel de méningite est-il diagnostiqué avec certitude, qu'il ait abouti ou non à une consultation et, par conséquent, qu'il soit comptabilisé ou non dans les registres.

Le recours aux autopsies verbales s'est trouvé encore plus justifié par une grève du personnel soignant de la zone de Niakhar durant l'épidémie de méningite de 2000 [17], qui a, de fait, empêché toute mention de la maladie dans les registres des dispensaires de la zone.

Cette méthode présente ainsi l'avantage d'une très forte spécificité, en raison du faible doute entourant les symptômes recueillis dans les questionnaires. En revanche, si cette méthode

permet de colliger l'ensemble des cas ayant débouché sur un décès, elle exclut par la force des choses les cas suivis de guérison. Elle souffre donc d'un manque de sensibilité tous cas confondus (absence des cas non mortels), mais elle évite de s'appuyer sur les diagnostics éventuellement erronés consignés dans les registres et elle supplée aux absences de consultations.

Ainsi, pour l'analyse des trois années épidémiques (1998, 1999, 2000), nous avons raisonné par rapport à la date d'apparition des symptômes de méningite mentionnée sur les fiches, ce qui a permis de faire le lien avec l'évolution des variables climatiques préexistantes. Soixante-cinq cas de méningite se sont déclarés entre janvier et mai 1998, contre 60 en 1999 et 28 en 2000, pour une population de 30 000 habitants. Les enfants âgés de 5 à 9 ans ont été les plus touchés en 1998 et 2000 avec, respectivement, 600 et 328 cas pour 100 000 habitants. En revanche, en 1999, ce sont des enfants plus jeunes (1 à 2 ans) qui ont été les plus affectés, avec 657 cas pour 100 000 habitants.

### Données climatologiques

Basée à Niakhar, la station IRD n'effectue jusqu'à présent que des relevés pluviométriques. C'est pourquoi nous avons collecté les données climatologiques des trois stations météorologiques les plus proches - Bambey, Diourbel et Fatick - respectivement distantes de 17, 31 et 25 kilomètres du centre de la zone [18]. Comme il s'agit d'une étude rétrospective, la direction de la Météorologie nationale (DMN) du Sénégal était à notre connaissance la seule structure *in situ* pouvant fournir les informations climatologiques destinées à une telle étude. Ainsi, à partir des archives, nous avons relevé les températures (minima, maxima et moyennes journalières), le nombre de jours de poussière, le vent (force et direction au pas de temps trihoraire) et l'humidité relative moyenne journalière. L'amplitude thermique quotidienne a été calculée à partir des températures maximale et minimale.

Un jour de poussière est défini comme la manifestation, à l'œil de l'observateur, d'un type de lithométéore donné pendant la journée ; il peut s'agir d'une simple brume sèche ou d'un chasse-sable, d'une tempête de sable ou d'un mur de sable [19], tous phénomènes qui sont scrupuleusement notés dans les archives météorologiques.

Les données climatologiques ne sont prises en compte qu'à partir de 1990 - date à laquelle la station de Fatick étant devenue fonctionnelle, nous disposons de données homogènes pour nos trois stations de référence. Deux séries de données climatologiques ont ainsi été exploitées, l'une pour les années non épidémiques (1990-1997), l'autre pour les années épidémiques (1998-2000).

### Analyse des données

Les données météorologiques et épidémiologiques ont été mises en perspective pour dresser la hiérarchie des facteurs de risque climatique, avant de rechercher leur présence durant les années non épidémiques. Nous avons considéré dans cette étude tous les cas de méningite déclarés pendant la période épidémique, c'est-à-dire du 1<sup>er</sup> janvier au 31 mai [20]. Les cas isolés qui auraient pu survenir durant le reste de l'année ont été exclus.

Il a été convenu que le début des épidémies de méningite survenues à Niakhar en 1998, 1999 et 2000 pouvait être défini, soit par une incidence hebdomadaire, pour la première fois dans la saison, au moins égale à 5 cas, soit par un doublement hebdomadaire du nombre de cas sur une période de trois semaines consécutives (ce qui suppose, au minimum, que l'on passe de 1 à 4 cas) [21-23]. La période d'incubation, qui est en moyenne de 4 à 5 jours [24], a été caractérisée à partir du cas index de méningite, que nous définissons comme le premier cas déclaré au cours de la période précédant le seuil épidémique.

Les paramètres climatiques de la zone de Niakhar proviennent de la moyenne des trois stations citées ci-dessus. La comparaison des années non épidémiques et des années épidémiques a été effectuée sur la période sèche (octobre-mai), commune à l'ensemble des pays de la ceinture de la méningite de l'Afrique de l'Ouest [5]. La ressemblance ou la discordance des profils des années non épidémiques et des années épidémiques a été appréciée à l'aide du coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson ( $r$ ) et de l'indice  $F$  de Fischer-Snedecor [8]. Le test de significativité statistique de la similarité des courbes d'évolution a été établi pour un risque d'erreur égal à 5 % [8, 9].

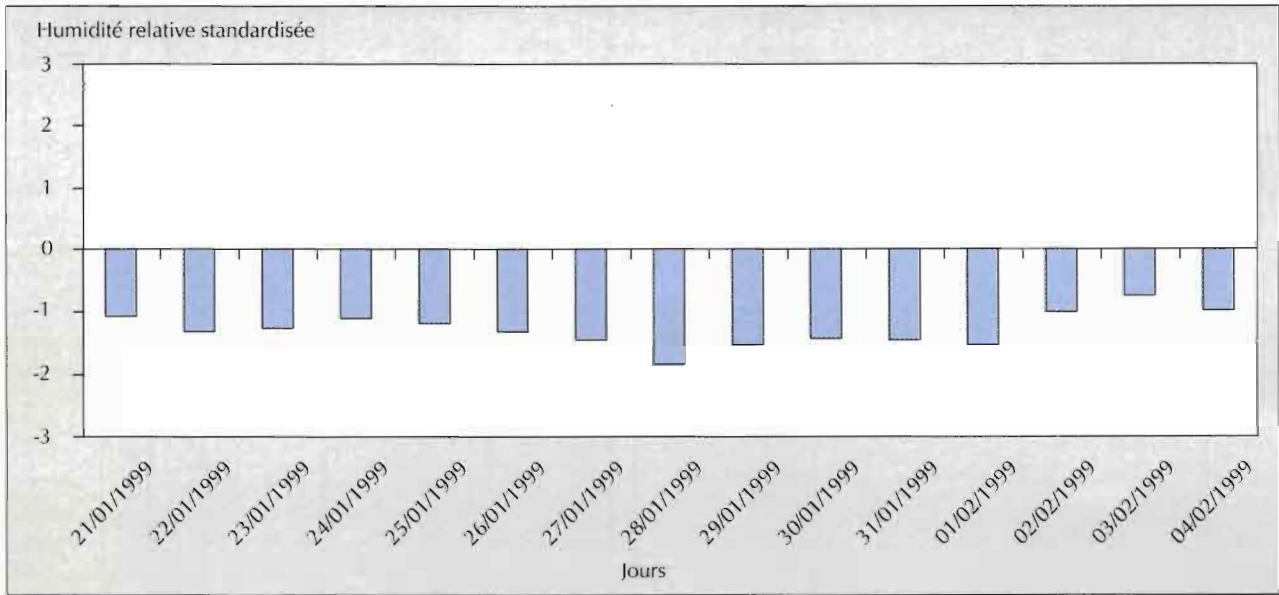
Les conditions climatiques des 15 jours qui précèdent l'apparition du cas index de méningite des années épidémiques ont été décrites, afin de rechercher une telle séquence dans les 2 mois propices à une arrivée potentielle des premiers cas de méningite (janvier et février) des années non épidémiques. Le choix s'est porté sur ces deux mois afin de bien circonscrire la période d'incubation et de disposer d'une période suffisamment pertinente pour servir d'alerte. Nous avons ensuite procédé à un lissage des paramètres climatologiques (températures minimale et maximale, humidité relative) en adoptant une bande de lissage de 5 jours, qui correspond à la période d'incubation moyenne de la méningite [24].

Afin de mieux faire ressortir les jours de poussière dans la mise en perspective avec les cas de méningite, nous avons utilisé les fréquences d'apparition de ces jours dans les trois stations périphériques de la zone de Niakhar. Ainsi, la manifestation d'un jour de poussière sur une seule station correspond à une fréquence de 33 %, le chiffre grimant à 67 % lorsque le phénomène touche deux stations, et à 100 % lorsqu'il en touche trois.

## Résultats

Pour chacune des trois années épidémiques retenues, le cas index de méningite est survenu à la suite d'une baisse de l'humidité relative autour du seuil de 30 % sur une période relativement longue, de 8 à 18 jours. Ainsi, la baisse de l'humidité relative semble bien avoir constitué un facteur nécessaire dans l'apparition des épidémies de méningite qui se sont déclarées à Niakhar entre janvier et mai 1998, 1999 et 2000. En 1999, année où le phénomène a été le plus marqué, la baisse de l'hygrométrie s'est traduite par 100 % d'anomalies négatives (valeurs standardisées négatives), tout au long des 15 jours précédant l'apparition du cas index, le 5 février (*figure 2*).

L'influence de l'humidité relative dans l'apparition de la méningite à Niakhar est appréhendée à deux échelles différentes :



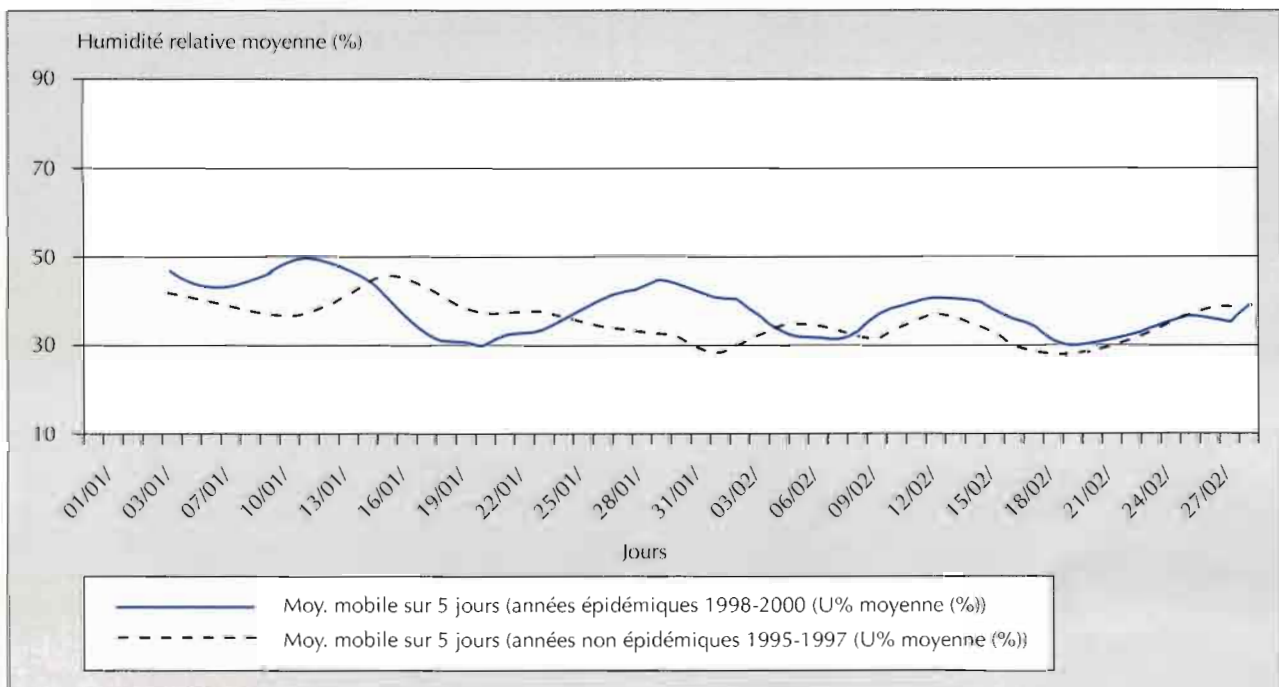
**Figure 2.** Variation de l'humidité relative moyenne journalière à Niakhar 15 jours avant l'apparition du cas index de méningite en 1999. Valeurs standardisées.

d'une part, à l'échelle générale qui considère les trois années épidémiques comme un tout et, d'autre part, à l'échelle de chaque année épidémique.

À l'échelle des trois années épidémiques confondues, le profil de l'humidité relative moyenne et celui du nombre moyen de cas de méningite dans la zone d'étude de Niakhar évoluent en sens inverse (coefficient de corrélation linéaire négatif mais non

significatif ;  $p > 0,05$ ). La maladie émerge quand l'hygrométrie est en baisse et que cette tendance persiste sur plusieurs jours.

À l'échelle de chaque année épidémique de 1998 à 2000, le lien est le même entre les deux types de profil, épidémiologique et hygrométrique, ce que confirme la statistique avec, là encore, des coefficients de corrélation linéaire négatifs ( $p > 0,05$ ).



**Figure 3.** Humidité relative moyenne des années épidémiques et non épidémiques à Niakhar de janvier à février (1995-1997/1998-2000).

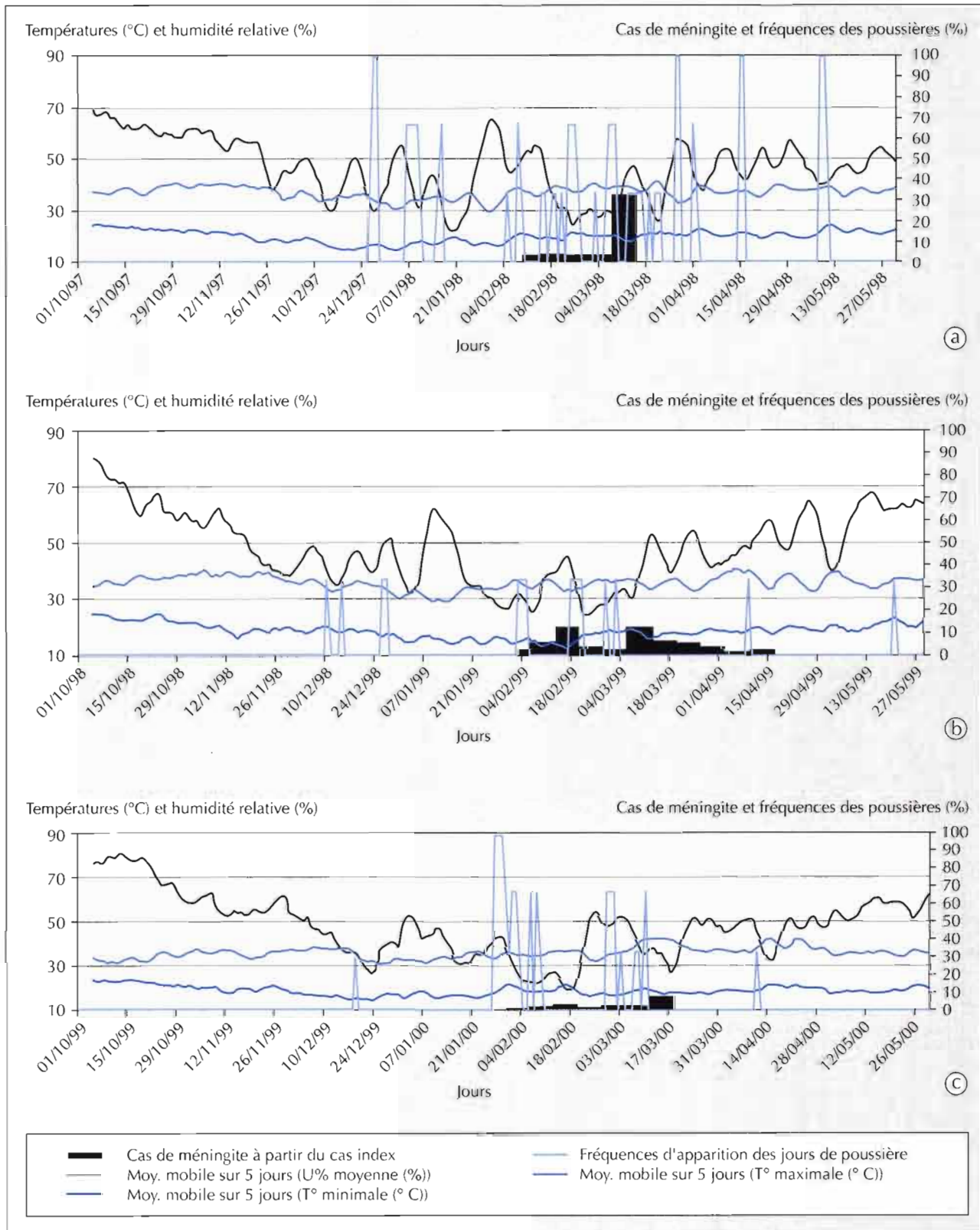


Figure 4. Évolution des paramètres climatiques durant les années épidémiques à Niakhar (octobre 1997-mai 2000). a) année 1997-1998 ; b) année 1998-1999 ; c) année 1999-2000.

Toutefois, la baisse de l'humidité relative autour du seuil de 30 % ne constitue pas un critère suffisamment spécifique, car la même diminution nette de l'humidité relative est survenue assez fréquemment pendant les années non épidémiques antérieures (figure 3).

L'analyse combinant les différents facteurs cités dans la littérature comme étant des facteurs de risque dans l'apparition de la méningite (température maximale, température minimale, humidité relative et poussières) confirme dans l'ensemble, pour chaque année épidémique, une baisse graduelle de l'humidité relative et de la température minimale juste avant l'apparition du cas index de méningite. En revanche, les températures maximales et les jours de poussière restent globalement stables avant l'apparition du cas index de méningite (figure 4, page précédente).

## Discussion

Les résultats obtenus suggèrent que le maximum de la saison sèche froide et, plus particulièrement, la chute de l'humidité relative autour et sous un seuil de 30 %, semblent avoir constitué les conditions climatiques nécessaires à l'apparition d'épidémies de méningite à Niakhar en 1998, 1999 et 2000. Ces résultats confirment à l'échelle locale ceux présentés à l'échelle d'un ensemble beaucoup plus vaste par Sultan *et al.* [13]. En revanche, une comparaison des courbes entre les trois années épidémiques et les trois années non épidémiques qui les ont précédées ne fait pas ressortir de différences notables et significatives, susceptibles de conduire à l'individualisation d'un indicateur spécifique ou synthétique de risque.

Ainsi, pendant les années non épidémiques, les valeurs d'humidité relative sont parfois inférieures à 30 % ou voisines de ce taux au maximum de l'hiver. Cela signifie que, si la baisse de l'hygrométrie est un facteur nécessaire dans l'apparition des épidémies de méningite à Niakhar, elle n'est pas suffisante. Il en va de même pour les températures maximale et minimale. Si nous retrouvons, à l'échelle locale, une similitude forte avec ce qui a été décrit par d'autres à l'échelle régionale, il ne nous est pas possible d'en déduire les indicateurs de risque recherchés. Le caractère relativement court de la série des années épidémiques nous empêche de conclure définitivement sur le rôle des facteurs

climatiques et, en particulier, de la baisse de l'humidité relative au-dessous de 30 %, dans la survenue des épidémies de méningite à Niakhar. Toutefois, ces résultats sont assez probants pour confirmer l'importance de la chute de l'hygrométrie et de l'entrée dans la période du maximum de l'hiver comme facteurs nécessaires à l'apparition des épidémies de méningite, au niveau local aussi bien qu'à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest [8, 13]. Dès lors, il serait judicieux de multiplier les études à échelle fine à l'intérieur de la ceinture de la méningite, pour renforcer la puissance des analyses statistiques et dégager, au-delà des facteurs climatiques de risque, des indicateurs à l'usage des structures de santé publique.

Par ailleurs, une analyse en cours des pratiques sociales, tant en termes de comportement (couchage, promiscuité...) que de rassemblements temporaires de personnes, pourra faire porter un regard nouveau sur les impacts indirects des variations climatiques sur les modes de vie.

## Conclusion

En définitive, la baisse de l'humidité relative et, plus généralement, l'apparition du maximum de la saison sèche froide ont constitué le cadre climatique propice à la survenue des épidémies de méningite à Niakhar en 1998, 1999 et 2000. Le risque potentiel occasionné par la chute de l'hygrométrie autour du seuil de 30 % semble plus particulièrement nécessaire dans l'apparition du cas index de méningite. Mais ce seuil ne constitue pas un indicateur suffisant puisque, pendant les années non épidémiques, les valeurs d'humidité relative enregistrées sont parfois voisines de ce seuil, voire lui sont inférieures. La baisse de l'hygrométrie au-dessous de 30 % peut-elle pour autant être un indicateur météorologique utile pour la prévention des épidémies de méningite à Niakhar ? Il semble certain, au vu de ces résultats à l'échelle locale, mais compte tenu également des études antérieures à l'échelle régionale, qu'une mise en alerte des structures de santé publique peut se justifier lorsque l'humidité relative s'installe durablement dans des valeurs basses.

Cependant, il n'est actuellement pas possible de définir ni un seuil précis d'humidité relative, ni une durée impérative et suffisante de cette période sèche, pour disposer d'un indicateur prédictif à la fois sensible et spécifique. ■

## Références

1. Organisation mondiale de la santé (OMS). Méningite en Afrique. *Relevé Épidémiol Hebd* 1999 ; 72 : 1-2.
2. Greenwood BM, Bradley AK, Wali S. Meningococcal disease and season in sub-saharan Africa. *Lancet* 1985 ; 829-30.
3. Lacombe D. *La méningite cérébro-spinale telle qu'elle se présente de nos jours en Afrique*. Thèse de doctorat d'État, Montpellier, 1984, 90 p.
4. Soudain JF. L'influence des facteurs climatiques sur les méningococcies en France. *Med Mal Infect* 1999 ; 29 : 187-92.
5. Lapeyssonnie L. La méningite cérébro-spinale en Afrique de l'ouest. *Bull OMS* 1963 ; 28 : 3-114.
6. Rémy G. La méningite cérébro-spinale : dans le sillage de l'harmattan. In : *Paysages et milieux épidémiologiques dans l'espace ivoiro-burkinabé*. Paris : CNRS éditions, 1988 : 149-253.
7. Oke PC. Harmattan et méningite cérébro-spinale au Bénin. *Climat et Santé* 1994 ; 11 : 97-116.
8. Besancenot JP, Boko M, Oke PC. Weather conditions and cerebrospinal meningitis in Benin (Gulf of Guinea, West Africa). *Eur J Epidemiol* 1997 ; 13 : 807-15.
9. Moore PS, Plikaytis BD, Bolan GA, *et al.* Detection of meningitis epidemics in Africa: a population-based analysis. *Int J Epidemiol* 1992 ; 21 : 155-62.

10. Moore PS. Meningococcal meningitis in Sub-Saharan Africa: a model for the epidemic process. *Clin Inf Dis* 1992 ; 14 : 515-25.
11. Molesworth AM, Cuevas LE, Thomson MC, et al. Where is the meningitis belt? Defining an area at risk of epidemic meningitis in Africa. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2002 ; 96 : 242-9.
12. Molesworth AM, Cuevas LE, Connor SJ, Morse AP, Thomson MC. Environmental risk and meningitis epidemics in Africa. *Inf Dis* 2003 ; 9 : 1287-93.
13. Sultan B, Labadi K, Beltrando G, Janicot S. La méningite à méningocoque au Mali et la circulation atmosphérique en Afrique de l'Ouest. *Environnement, Risques & Santé* 2004 ; 3 : 21-32.
14. Leroux M, Sagna P. Le climat du Sénégal. In : *Atlas du Sénégal*. Paris : Jeune Afrique, 2000 : 16-9.
15. Chippaux JP. La zone d'étude de Niakhar au Sénégal. *Med Trop* 2001 ; 61 : 131-8.
16. Chandramohan D, Maude GH, Rodrigues LC, Hayes RJ. Verbal autopsies for adult deaths: their development and validation in a multicentre study. *Trop Med Int Health* 1998 ; 3 : 436-46.
17. Diallo A. *Méningite à Niakhar*. Rapport de synthèse. Dakar : Programme IRD-Dakar « Espace de recherche intégrée sur la santé des populations », 2000 : 1 p.
18. Ndiaye O, Le Hesran JY, Etard JF, et al. Variations climatiques et mortalité attribuée au paludisme dans la zone de Niakhar, Sénégal, de 1984 à 1996. *Cah Santé* 2001 ; 11 : 25-33.
19. Organisation météorologique mondiale (OMM). *Vocabulaire météorologique international*. Genève : OMM, 1992 : 784 p.
20. Rémy G. Les fondements écologiques de la « ceinture » de la méningite cérébro-spinale en Afrique sud-saharienne. *Climat et Santé* 1990 ; 3 : 7-21.
21. Lecamus JL, Touze JE, Picq JJ, Aubry P. Les infections à méningocoques. *Encycl Méd Chir, Mal infect* 1989 : 1-14.
22. Martet G, Merlin M, Debonne JM. Les épidémies de méningites à méningocoques : aspect africain. *Med Trop* 1994 ; 54 : 355-60.
23. Greenwood BM, Bradley AK, Blakebrough IS, Whittle HC, Marshall TF, Gilles HM. The immune response to a meningococcal polysaccharide vaccine in an African village. *Trans Soc Trop Med Hyg* 1980 ; 74 : 340-6.
24. Thélémaque JF. *Les méningites de l'enfant africain : cas particulier de l'hôpital principal de Dakar*. Thèse de doctorat d'État, Paris VI, 1995, 99 p.



Mbaye Ibrahima, Handschumacher Pascal, Chippaux Jean-Philippe, Diallo Aldiouma, Ndione J.A., Paul P. (2004)

Influence du climat sur les épidémies de méningites à méningocoque à Niakhar (Sénégal) de 1998 à 2000 et recherche d'indicateurs opérationnels en santé publique

Environnement Risques et Santé, 3 (4), 219-226

ISSN 1635-0421