

Influence des facteurs abiotiques sur les vecteurs de dracunculose¹

J.P. Chippaux²

F. Lenoir³

Mots clés : Bénin, Cyclopidés, dracunculose, écologie.

La partie centrale du Bénin est connue pour être propice à la transmission de la dracunculose, probablement en raison des conditions particulières du milieu naturel de cette région. Pour vérifier cette hypothèse, une étude visant à corrélérer la densité des Cyclopidés hôtes intermédiaires de *D. medinensis* avec les variables chimiques et physico-chimiques du milieu aquatique (température, pH, oxygène dissous, conductivité, potassium, sodium, calcium, magnésium, chlorures, carbonates et silice) a été menée dans 53 points d'eau infectieux. A part quelques réserves concernant la température, les paramètres étudiés ne présentent aucune corrélation évidente avec la densité de Cyclopidés, du moins lorsque les facteurs sont considérés isolément. En revanche, grâce à l'intégration de différentes composantes du milieu aquatique permettant d'identifier le minéral en équilibre chimique avec ces eaux, les auteurs ont pu montrer que les eaux de la plupart des sites choisis sont en équilibre avec des argiles voisines des Montmorillonites, regroupées sous le terme général de Smectites. Ces types argileux résultent souvent de processus de pédogénèse, conditionnés par le contexte géologique et le mode de drainage. L'interprétation de certains traits du paysage permettrait de prévoir les points d'eau à haut risque de transmission.

Influences of physical and chemical factors on the development of dracunculiasis vectors

Keywords : Benin, Cyclopidés, dracunculiasis, ecology.

The Central part of Bénin is known to be favourable to dracunculiasis transmission probably because of the natural conditions found in this region. This study was made to confirm such a hypothesis. Cyclopid densities were correlated with several chemical or physical parameters measured in 53 infections water bodies (turbidity, temperature, pH, oxygen, conductivity, potassium, sodium, calcium, magnesium, silica, chlorures, and carbonates). Parameters of a few ponds were measured through the year to examine seasonal variations. Except for temperature, all parameters studied, when considered separately, were obviously not correlated to cyclopid density. However, when combination of various chemical compounds to identify the mineralogical equilibrium of the water, the water of most ponds was found to be equilibrated with clay of the Montmorillonite group under the general term Smectites. These sort of clay depend on geological formations and drainage conditions. Such a mineralogical environment should be regarded as favourable to dracunculiasis intermediate host development.

1. Introduction

La dracunculose, ou ver de Guinée, est une helminthiase historique touchant annuellement plus de trois millions de personnes en Afrique (Chippaux

1989). La transmission de ce nématode est assurée par un Cycloptide d'eau douce avalé avec l'eau de boisson. La larve du ver de Guinée, *Dracunculus medinensis* Linné 1758, subit deux mues successives dans la cavité générale de l'hôte intermédiaire avant d'être infectante pour l'homme.

Au cours d'une enquête prospective menée de 1985 à 1989 dans une région hyperendémique de dracunculose au Centre du Bénin, nous avons mesuré les caractéristiques physico-chimiques des eaux riches en hôtes intermédiaires de la dracunculose.

1. Ce travail a bénéficié d'une subvention du Programme Spécial pour la Recherche et la Formation sur les Maladies Tropicales, PNUD/Banque Mondiale/OMS (ID.850350).

2. Chargé de recherche ORSTOM, Centre Entomologique OCCGE de Cotonou, Bénin. Adresse actuelle : Centre Pasteur, B.P. 1274, Yaoundé, Cameroun.

3. Chargé de recherche ORSTOM, Centre ORSTOM de Lomé, Togo. Adresse actuelle : Mission ORSTOM, B.P. 11416, Niamey, Niger.

1. Matériel et méthode

1.1. Choix des sites

L'extension de cette étude suit un transect sud-nord d'environ 200 km, qui traverse l'ensemble de la région hyperendémique. Celle-ci est remarquable par la diversité et l'hétérogénéité des contextes géologiques et pédologiques recoupés. Ils comprennent des séries sédimentaires, des roches éruptives et des formations résultant de leur évolution pédogénétique. En fonction des conditions locales, les villageois satisfont leurs besoins en eau sur des sites très différents. Ils peuvent utiliser des puits peu profonds, creusés dans les argiles sédimentaires ou les argiles résultant de l'altération de granites ou de gneiss ; dans ce cas, ils puisent des eaux souterraines infiltrées. Ils peuvent également se servir dans des mares naturelles, des retenues de barrages collinaires ou des dépressions artificielles, qui recueillent les eaux superficielles de ruissellement. Les cinquante trois sites retenus appartiennent aux divers faciès géologiques, mais ont tous en commun d'être utilisés comme source d'eau de boisson par des populations régulièrement et fortement infectées par *D. medinensis*. L'étude de ces points d'eau a été menée de 1985 à 1989, à chaque période de transmission de la dracunculose, entre septembre et avril (Chippaux 1991). Une attention particulière a été portée sur trois sites, prélevés bimensuellement au cours de cette étude, afin de mesurer les variations saisonnières et l'influence de ces dernières sur la densité des Cyclopidés. Pour Agaga et Lissa, les sites correspondent à des mares naturelles permanentes où nous avons récolté 28 et 19 échantillons respectivement. A Kakatéou, 16 échantillons ont été prélevés dans un réservoir de barrage artificiel alimenté par une rivière saisonnière.

1.2. Mesures sur le milieu écologique

— Etude des Cyclopidés

La densité de Cyclopidés dans les points d'eau étudiés a été mesurée dans des échantillons de 10 litres d'eau filtrés à travers un tamis en tergal de moins de 100 μm de vide de maille. Le contenu du filtre est fixé dans du formol à 3 % tamponné avec du bicarbonate de soude. Au laboratoire, les Cyclopidés sont dénombrés et les espèces identifiées (Chippaux 1991).

— Etude de l'eau

L'utilisation d'appareils portatifs nous a permis de mesurer directement sur le terrain les paramètres suivants : température, pH, conductivité et oxygène dissous.

Les autres déterminations chimiques : potassium, sodium, calcium, magnésium, silice, chlorures et carbonates, ont été faites au laboratoire.

2. Résultats

2.1. Les variations saisonnières

Dans les trois localités de référence où les prélèvements se sont échelonnés sur un cycle annuel, nous avons enregistré certaines variations saisonnières.

Pour la température, les écarts saisonniers moyens représentent des différences de 6° C dans les mares villageoises (Agaga, Lissa), mais ils peuvent atteindre 10° C dans les réservoirs de barrage (Kakatéou). Les variations de température nyctémérale dépendent des volumes d'eau mis en jeu et de l'exposition des plans d'eau. A Agaga, l'écart de température entre le jour et la nuit n'excède pas 6° C dans une mare située dans un bas-fond arboré, alors qu'il dépasse 10° dans la mare de Lissa, au couvert végétal plus rare, donc mieux ensoleillée. L'influence de la température sur les populations de Cyclopidés est manifeste (Fig. 1). Toutes les espèces considérées comme de bons hôtes intermédiaires dans cette région endémique, sont plus fortement représentées entre 24° et 30° C. Cette gamme de valeurs favorables est naturellement très fréquente en région inter-tropicale.

Nous avons noté en cours d'année, certaines variations de l'oxygène dissous, du pH ou de la conductivité. Ceci atteste de l'évolution du milieu aquatique en fonction des apports météorologiques et de l'évolution des aquifères. Ces facteurs, pris individuellement, ne montrent pas de corrélation avec la densité de Cyclopidés. Ceux-ci semblent s'accommoder de conditions très larges et nous les avons observés en forte densité pour des valeurs comprises entre 0 et 14 mg.l⁻¹ d'oxygène dissous, entre 5,5 et 9,0 de pH et dans l'intervalle de 50 à 550 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ pour la conductivité. Enfin, nous n'avons pas relevé de corrélations étroites entre les densités de peuplement et les concentrations des principaux composés chimiques dissous dans l'eau, du moins lorsqu'ils sont considérés individuellement.

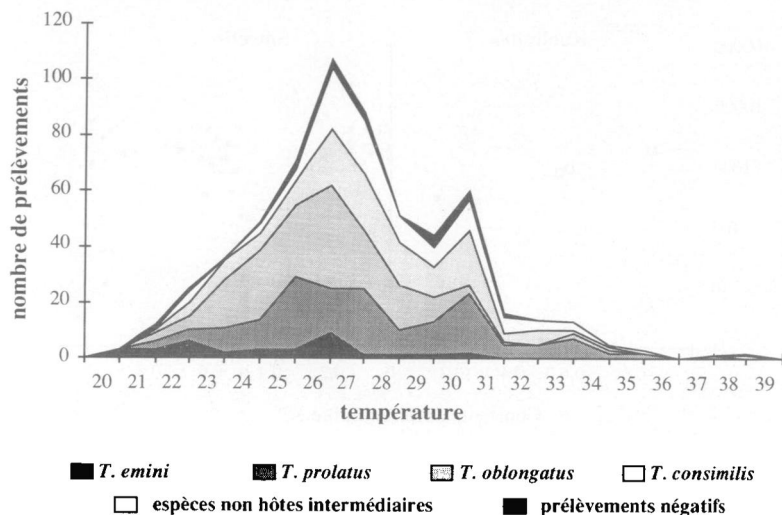


Fig. 1. Relation entre la fréquence spécifique des Cyclopidés récoltés et la température de l'eau.

Fig. 1. Relationship between Cyclopidés frequency of occurrence and the water temperature.

2.2. Les équilibres chimiques Eau/Milieu

Pour définir l'état d'équilibre entre la composition chimique des eaux et le milieu minéral, nous avons utilisé les valeurs de pH et des concentrations en silice, K, Na, Ca et Mg. L'intégration de ces différents facteurs permet de définir, d'après des diagrammes de stabilité, les domaines d'équilibre de la solution vis-à-vis de différentes phases argileuses.

En première approximation, les eaux courantes superficielles ou à drainage facile ont tendance à être en équilibre avec des argiles du type de la Kaolinite. Les concentrations en silice et cations y sont relativement faibles, avec un pH orienté vers une légère acidité. En revanche, les formations mal drainées orientent la composition chimique vers un équilibre avec des argiles différentes, du type des Montmorillonites ou d'autres variétés en feuillets à trois couches de 14Å, que l'on regroupe sous l'appellation Smectites. Ces minéraux impliquent souvent des concentrations beaucoup plus élevées en silice et

cations, ainsi qu'un pH à tendance basique. Ces principes élémentaires doivent être considérés avec prudence. C'est seulement l'intégration des composants, obtenu par calcul, qui définit effectivement le milieu (Lenoir 1978). L'échantillon d'eau est alors situé par rapport à la courbe de l'équilibre entre Kaolinite et Smectites. Suivant sa position par rapport à cet équilibre, on déduit un indice de déséquilibre $D_{k/s}$.

Après analyses et traitement des données, il apparaît qu'une très large majorité de nos échantillons correspondent à un équilibre avec les Smectites (Fig. 2). Sur 94 valeurs, 6 seulement sont en équilibre avec la Kaolinite dont 5 correspondent à des eaux ruisseillées superficielles et collectées dans des réservoirs artificiels. Un seul échantillon provient d'un puits. Dans ce cas, l'équilibre avec la Kaolinite pourrait n'être que provisoire, son évolution pouvant aboutir vers les Smectites en saison de tarissement (Lenoir 1978).

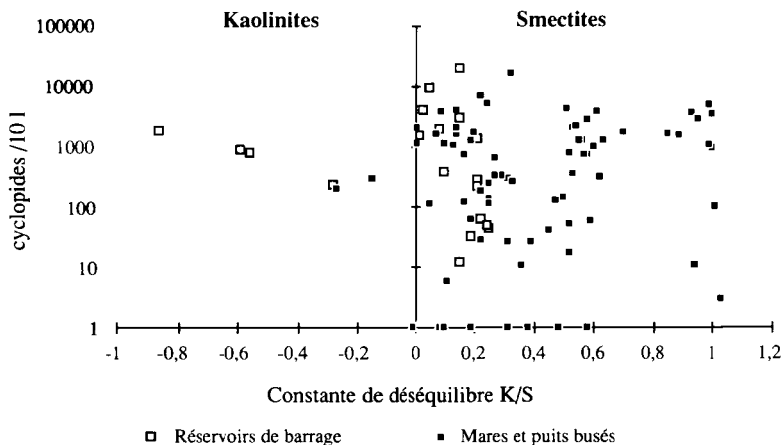


Fig. 2. Relation entre la densité de Cyclopidés et la valeur de la constante de déséquilibre Kaolinites/Smectites. *
 Fig. 2. Relationship between Cyclopid density and the value of the ration kaolinites.

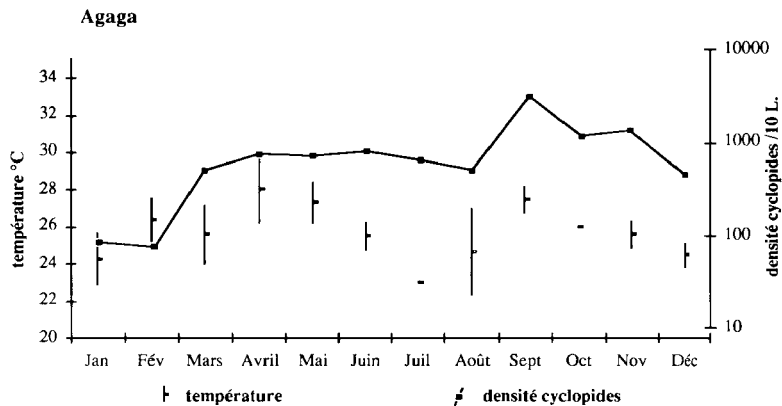
Il faut noter le regroupement des valeurs obtenues à Lissa et Agaga, deux mares naturelles, résultant de très mauvaises conditions de drainage qui favorisent une évolution minérale vers les Smectites. Les valeurs de l'indice, en fonction des variations saisonnières, sont stables autour de 0,57 à Agaga et de 0,96 à Lissa, avec une marge d'erreur de $\pm 0,06$ dans les deux cas. Ceci confirme bien l'hétérogénéité du milieu influençant la composition chimique des eaux en fonction des conditions de drainage.

A Kakatéou, les valeurs de l'indice ne sont pas stables. Elles peuvent évoluer de part et d'autre de la droite qui matérialise l'équilibre entre les deux phases minérales évoquées. La valeur moyenne de l'indice est de $0,03 \pm 0,25$. Nous sommes sur un réservoir de barrage, dans un contexte de drainage par ruissellement qui devrait tendre vers la Kaolinite. L'installation du barrage a pu induire une réduction des possibilités de drainage, notamment en saison sèche, lorsque les apports en eaux ruisselées de surface deviennent négligeables.

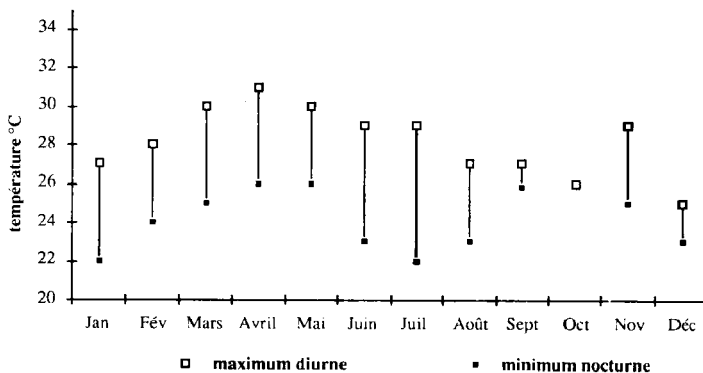
3. Discussion

Peu de travaux ont, jusqu'ici, été consacrés à l'écologie des hôtes intermédiaires de *D. medinensis*. On sait que le potentiel de transmission des différentes espèces de Cyclopidés est variable (Chippaux 1991). Seules les populations abondantes de Cyclopidés carnivores sont responsables d'une transmission stable de la maladie (Steib & al. 1986). C'est dans les petites collections d'eau de surface que le contact hommes/vecteurs/hommes est le plus favorable à la transmission de la maladie (Chippaux & Massougbody 1991).

Ces points d'eau de faible volume subissent d'assez grandes fluctuations physico-chimiques. Si les variations de pH, d'oxygénation de l'eau ou de conductivité ne semblent pas modifier le développement des peuplements de Cyclopidés, la température, en revanche, paraît être un facteur spécifique important. A côté d'espèces vectrices ubiquistes et abondantes (*Thermocyclops proclatus* Kiefer 1952, *T. oblongatus* Sars 1927, *T. consimilis* Kiefer 1934), d'autres sont plus spécialisées comme

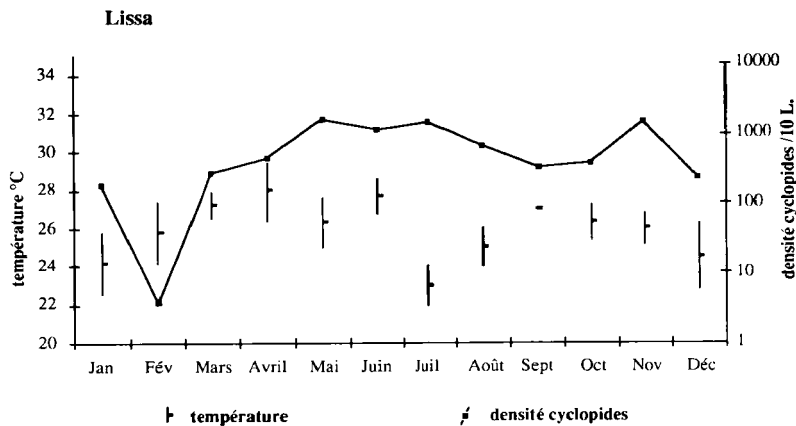


Variation des moyennes mensuelles de température (10 h.)

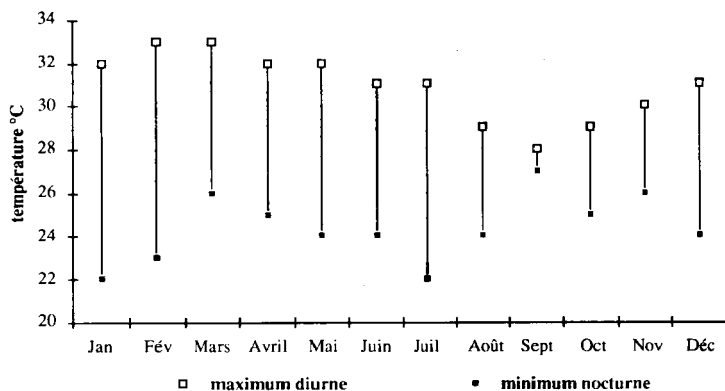


Différentiel moyen mensuel des températures diurnes et nocturnes

Fig. 3. Relation entre la densité de Cyclopidés et la variation saisonnière de température de l'eau à Agaga.
 Fig. 3. Relationship between Cyclopids density and seasonal variation in temperature for the water at Agaga.



Variation des moyennes mensuelles de température (10 h.)



Différentiel moyen mensuel des températures diurnes et nocturnes

Fig. 4. Relation entre la densité de Cyclopidés et la variation saisonnière de température de l'eau à Lissa.
 Fig. 4. Relationship between Cyclopoid density and seasonal variation in temperature for the water at Lissa.

T. emini (Mrazek 1895) qui est récolté préférentiellement dans les eaux fraîches (Chippaux 1991). Toutefois, il n'apparaît pas d'effet net ou univoque des variations de température sur les populations vectrices de dracunculose. A Agaga, où *T. oblongatus* représente 90 % des individus récoltés, la population est abondante toute l'année et aucune variation de densité ne correspond à un écart particulier de température (Fig. 3). A Lissa, *T. prolatius* domine largement sur tout le cycle annuel, à l'exception du mois de février où la densité de Cyclopidés tombe en dessous de 10 individus pour 10 litres d'eau. Cette chute, importante et globale, de densité de Cyclopidés pourrait être expliquée par la différence de température entre le jour et la nuit due à l'harmattan (Fig. 4).

Bien qu'il n'y ait pas non plus de corrélation entre l'indice $D_{k/s}$ et la densité d'hôtes intermédiaires, le seul fait que la plupart de nos points d'eau soient en équilibre avec des argiles de type Smectites, laisse à penser que ce milieu argileux, ou plutôt l'eau qui s'y trouve en équilibre, constitue un environnement favorable à la transmission du ver de Guinée. Les Cyclopidés hôtes intermédiaires de *D. medinensis*, qui sont carnivores, y rencontrent probablement la chaîne alimentaire qui leur convient. Les prélèvements, effectués sur différents sites répartis sur une région de plus de 15 000 km², impliquent une diversité du contexte géologique. Les roches peuvent être différentes, mais l'évolution pédogénétique conditionne les transformations minérales, les conditions de drainage étant décisives dans les processus d'altération.

D'autre part, il est vrai que le choix des points d'eau a été raisonné. Ce n'est pas une distribution aléatoire puisque nous avons prélevé systématiquement les mares à risque élevé de transmission dracunculienne. Dans les eaux superficielles, nous pourrions attendre une répartition différente des valeurs de l'indice $D_{k/s}$, avec même une tendance vers la Kaolinite, ce qui n'est pas le cas dans notre étude. L'étude spécifique des densités des hôtes intermédiaires de *D. medinensis* devra être menée dans des collections d'eau en équilibre avec la Kaolinite pour confirmer cette hypothèse. Au cours de nos prospections dans le centre et le sud du Bénin, nous n'avons pas observé de gîte connu pour entretenir une transmission stable du ver de Guinée et qui soit en équilibre avec la Kaolinite.

Les petites mares naturelles correspondent toutes à des systèmes stables, avec de faibles variations physico-chimiques, et toujours dans le domaine des Smectites. Ce sont les conditions naturelles de mauvais drainage qui permettent le stockage de l'eau. Ces points d'eau, malgré d'importantes variations du régime hydrique au cours de la période de transmission, n'enregistrent pas de variations significatives de l'indice $D_{k/s}$. En revanche, les réservoirs de barrage ou les lacs artificiels qui collectent des eaux ruissellées en surface, montrent d'assez grandes variations saisonnières, pouvant déplacer l'indice $D_{k/s}$, dans le domaine de la Kaolinite ; c'est le cas à Kakatéou où l'évolution vers les Smectites ne se fait qu'en période d'assèchement. Il est à noter que, dans cette région, la transmission de la dracunculose s'effectue en saison sèche (Chippaux & Mas-sougbodji 1991).

4. Conclusion

Il est difficile, *a priori*, de déterminer les raisons pour lesquelles un point d'eau n'est pas infectieux et de leur associer des caractères abiotiques. En dehors de la température qui conditionne, dans certaines limites, le développement des Cyclopidés, peu de caractères physico-chimiques de l'eau semblent influencer sur leurs peuplements, du moins lorsqu'ils sont considérés séparément. Il ne faut donc pas espérer définir d'indicateur fiable de la contagiosité potentielle d'un point d'eau.

Par ce travail, nous ne pouvons pas avancer l'idée que les eaux en équilibre avec la Kaolinite sont défavorables à la transmission de la dracunculose. Pour confirmer cette hypothèse, l'étude spécifique des densités des hôtes intermédiaires de *D. medinensis* mériterait d'y être menée.

Notre étude montre l'importance des milieux confinés naturels : ils doivent éveiller les soupçons et servir d'indicateur. Ils sont significativement associés à la dracunculose et le fait que leurs eaux soient en équilibre avec les Smectites, laisse à penser que les Cyclopidés hôtes intermédiaires y rencontrent des conditions favorables.

Travaux cités

- Chippaux J.-P. 1989. — La distribution géographique de la dracunculose en Afrique. *Méd. Afr. noire*, 36 : 320-322.
Chippaux J.-P. 1991. — Identification des hôtes intermédiaires de *Dracunculus medinensis* au sud du Bénin. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.*, 66 (2) : 77-83.

Chippaux J.-P. & Massougbodji A. 1991. — Aspects épidémiologiques de la dracunculose au Bénin. 2. Relations entre la périodicité des émergences et l'origine de l'eau de boisson. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 84 (4) : 351-357.

Lenoir F. 1978. — Relations entre la dynamique et la composition chimique d'une nappe d'arène en Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, vol. X, n° 2 : 209-236.

Steib K., Ouedraogo J.-B., Guiguemde T.R., Gbary A.R. & Chippaux J.-P. 1966. — Les vecteurs du ver de Guinée en Afrique. *Etudes médicales*, n° 2 : 87-96.