

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA TEMPERATURE DE LA RIVIERE
LUBUMBASHI A LUBUMBASHI (Shaba, ZAIRE).

The temperature of the Lubumbashi river in Lubumbashi

MBENZA Muaka. et ASSANI Ali Arkamose.*

ABSTRACT

Field observations for two years (1986, 1987) have shown that the temperature of the Lubumbashi river (basin area of 726 km² upstream from the measurement point), notwithstanding an urban and industrial site (a third of the basin area) presents a diurnal and an annual evolution not too different from that of a river with a natural environment in a tropical region with a dry season.

RESUME

Une première campagne de deux ans (1986, 1987) a montré que la température de la rivière Lubumbashi (bassin de 726 km² en amont du point de mesure), malgré la traversée d'un site urbanisé et industrialisé (un tiers de la surface du bassin), présente une évolution journalière et annuelle qui n'est pas trop éloignée de celle d'une rivière en milieu naturel tropical à saison sèche.

INTRODUCTION

La température de l'eau est un des paramètres physiques les plus importants des écosystèmes aquatiques. Elle est par exemple fort sensible aux modifications de l'équilibre naturel du milieu provoquées notamment par les activités anthropiques comme l'industrialisation, l'urbanisation, le déboisement des berges, ... (FRAEYS de VEUBEKE, 1981).

Les effets de ces activités anthropiques sur le régime thermique des cours d'eau urbains n'ont surtout été analysés que dans certains pays où l'industrialisation notamment est très avancée, comme dans le cas des U.S.A. et du R.U. (SMITH, 1981).

* Département de Géographie, UNILU, B.P. 1825 - LUBUMBASHI (Zaire)

Dans les pays en voie de développement, malgré des taux d'urbanisation parfois très élevé, l'existence éventuelle d'une pollution thermique des eaux ne suscite guère d'intérêt. Ces pays seraient-ils pour autant à l'abri d'un type de pollution qui, même sans être directement menaçante pour l'homme, peut quand même modifier considérablement l'environnement urbain. Rien en effet, ne s'oppose au développement de ce type de pollution quand on sait que beaucoup de villes du tiers monde peuvent avoir une vocation minière et industrielle, et connaître une grande expansion qu'accompagne nécessairement un déboisement intensif, notamment celui des berges des rivières. Lubumbashi, ville minière et industrielle du sud Shaba au Zaïre, est de celles-là. C'est pourquoi nous avons voulu y chercher, par le biais de l'analyse des facteurs de variation de la température de la Lubumbashi, le principal cours d'eau qui baigne la ville, les éventuelles traces de pollution thermique qui auraient pu avoir une influence sur l'évolution de l'environnement urbain.

SITE D'ETUDE

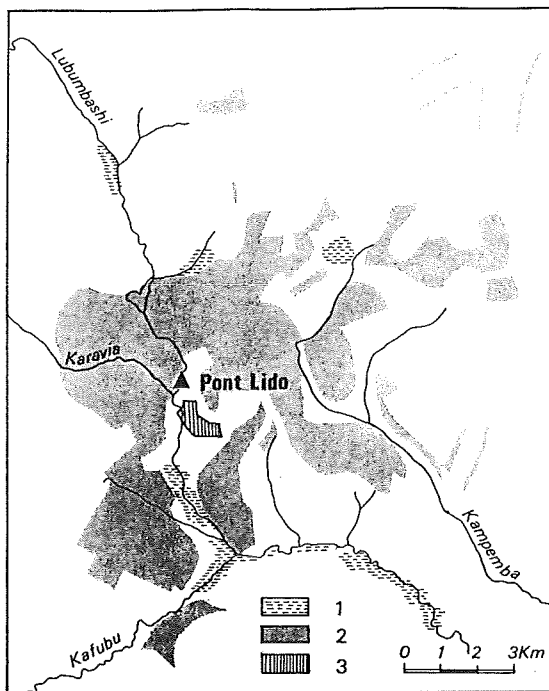
La rivière Lubumbashi qui a fait l'objet de cette étude draine un bassin versant de 726 km² dont près du tiers situé dans le périmètre urbain. Ce cours d'eau à régime saisonnier a un débit moyen annuel de l'ordre de 5,5 m³/s compris entre un débit d'étiage d'environ 1 m³/s et un débit à plein bord pouvant atteindre 45 m³/s. La profondeur et la largeur du lit de la rivière, à la station de jaugeage (Pont Lido, voir fig. 1) sont respectivement de 1 et 10 m en moyenne.

Sur ce tronçon, la rivière arrose notamment un quartier résidentiel de haut standing, une zone industrielle et une zone d'habitat planifié et la grande partie de l'extension occidentale de la zone d'habitat spontané.

Le cours aval traverse la partie ouest de la ville sur une distance d'environ 10 km suivant une direction Nord-Sud avant de se jeter dans la rivière Kafubu (fig. 1).

Le substratum du bassin versant est dominé par des roches schisteuses très altérées du Kundelungu, appartenant au groupe Katangien (Précambrien supérieur, INTIOMALE, 1984). Le sol est de texture très argileuse (SYS, 1960).

Les éléments principaux du climat régional ont été décrits en détail, notamment par MALAISSE *et al.* (1978), HARJOABA et MALAISSE (1978), SOYER et NTOMBI (1982) et MBENZA (1982). Le milieu est caractérisé par l'alternance d'une saison des



1. Zones marécageuses 2. Zones habitées 3. Usines de la Gécamines

Fig. 1 : Localisation de la station de mesure de la température des eaux

pluies qui va de novembre à mars et d'une saison sèche qui court de mai à septembre. Avril et octobre sont des mois de transition. La normale annuelle des précipitations est de 1237 mm avec un écart-type de 180 mm. la température moyenne annuelle oscille autour de 20°3 C . Les valeurs extrêmes s'observent respectivement en octobre (23°6 C) pour le maximum et en juin et juillet (17°4 C) pour le minimum. Les températures minimales absolues inférieures à 4° C sont fréquentes sur les versants, et, le risque des gelées nocturnes est grand dans les fonds de vallée au cours de la première moitié de la saison sèche (SCHMITZ, 1971).

Des températures maximales absolues supérieures à 30° C sont d'ordinaire observées en septembre et octobre, et occasionnellement en pleine saison des pluies.

La végétation dominante est une savane de dégradation du *Miombo* (forêt claire zambézienne). Quelques arbres isolés le long des berges de la rivière témoignent de l'existence d'une ancienne forêt-galerie actuellement détruite.

METHODE

Les considérations développées ici découlent d'une campagne d'observation de deux années météorologiques - 1986 et 1987 - à l'aide de deux thermomètres à mercure étalonnés d'une précision de 1/10 de degré, plongés simultanément dans l'eau pendant 15 minutes.

A été retenue comme base de travail, la moyenne des lectures effectuées sur les deux thermomètres. La station de mesure (Pont Lido), a été choisie particulièrement à cause de sa localisation loin des perturbations provoquées par les apports d'affluents. Les prélèvements journaliers ont été effectués à 6h00, 12h00 et 18h00 locales. Une fois par mois, ils ont été poursuivis pendant la nuit à raison d'un prélèvement toutes les 4 heures.

Quelques observations ont également été effectuées toutes les quinze minutes au cours des averses.

Les vitesses du courant ont été mesurées par la méthode de flotteur. les profondeurs de l'eau l'ont été à l'aide d'une tige en bois de 4 m de longueur, plongée verticalement en différents points du lit du cours d'eau.

ANALYSE DU REGIME THERMIQUE

Dans l'analyse du régime thermique de l'eau, l'intérêt a porté essentiellement sur l'évolution journalière des températures horaires moyennes, sur l'évolution annuelle des températures moyennes journalières et sur l'évolution des amplitudes moyennes journalières.

Evolution journalière des températures horaires moyennes

La figure 2 laisse apparaître qu'au cours de la journée, l'évolution des températures horaires moyennes varie selon les saisons et les types de temps. Comme on devait s'y attendre, du fait de sa dépendance vis-à-vis des phénomènes radiatifs, la

température en temps normal évolue entre un minimum qui se situe généralement au lever du jour, soit au moment où tout le rayonnement terrestre est déposé, et un maximum souvent observé en fin d'après-midi, c'est-à-dire après le maximum de la radiation solaire et de la température de l'air. Suivant les saisons, les minima oscillent entre 19°5 C et 23° C et les maxima entre 22° C et 24° C. Ces derniers sont généralement plus étalés en saison des pluies (plus de 3 heures) qu'en saison sèche.

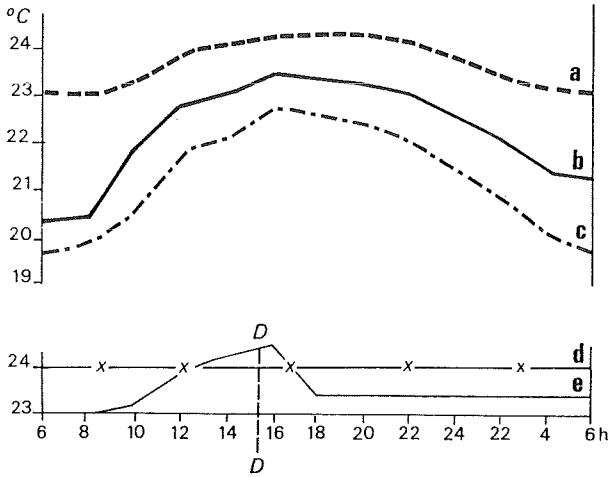


Fig. 2 : Evolution journalière des températures pour différents types de temps : a) ciel dégagé en saison des pluies, b) nébulosité moyenne en saison des pluies, c) ciel dégagé en saison sèche, d) ciel couvert (8 octas), e) journée avec averse (d : début de l'averse).

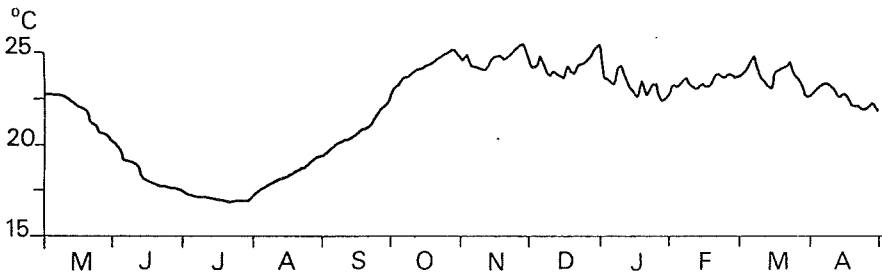


Fig. 3 : Evolution annuelle des températures moyennes horaires.

Pendant les épisodes de pluies, l'évolution normale est brusquement interrompue (fig. 2). La température peut ainsi chuter de 1 à 2 degrés au début de la pluie et demeurer constante à ce niveau pendant toute la durée de la précipitation et voire même après la fin de celles-ci. Au cours des journées à ciel couvert (8 octas), la température reste relativement constante toute la journée (fig. 2).

Evolution annuelle des températures moyennes journalières

L'évolution au cours de l'année, de ces températures, présente trois phases principales comme l'indique la figure 3 : une phase de refroidissement, une phase de réchauffement et une phase d'oscillation.

Ces phases peuvent être caractérisées de la manière suivante :

1° Phase de refroidissement

Elle couvre toute la saison sèche froide, c'est-à-dire, de mai à juillet. La température décroît d'une valeur moyenne d'environ 22° C en fin avril début mai, à une valeur moyenne d'un peu moins de 17° C en fin juillet, accusant ainsi une chute globale moyenne de 5° C en trois mois. La diminution se fait en deux étapes et par paliers. Elle est brutale durant le mois de mai ($\pm 4^\circ$ C) et plus lente et progressive au cours des mois de juin et de juillet (moins de 1° C).

La diminution rapide de la température de l'eau au début de la saison sèche est liée aux pertes nocturnes considérables par rayonnement infrarouge, à cause de l'absence des nuages.

Cette perte nocturne en infrarouge peut parfois être amplifiée par des advections de masses d'air froides, lesquelles sont déjà importantes à cette période de l'année, suite à l'influence quasi permanente des alizés du sud-est. Le ralentissement dans le refroidissement de l'eau observé à partir du mois de juin peut s'expliquer en partie par la diminution de la radiation solaire globale comme l'ont signalé LEBLANC et MALAISSE (1978).

2° Phase de réchauffement

A partir de la fin du mois de juillet, la température amorce une remontée à la fois progressive et continue, et ce, jusqu'à la fin du mois d'octobre. Elle passe de la sorte d'un peu moins de 17° C à environ 25° C, soit un accroissement de l'ordre de

8° C en trois mois, c'est-à-dire un gradient de 3° supérieur à celui de la phase de refroidissement. Cette ascension suit, au début, une allure régulière jusque vers le milieu du mois de septembre (un gradient de 5° C en 1 mois et demi).

Ensuite, la température marque un saut d'environ 3° C en 20 jours, entre la mi-septembre et la mi-octobre. Puis, par petits paliers plus discrets, la température croît encore doucement jusqu'à la fin du mois d'octobre où s'installe alors la phase d'oscillation.

Le réchauffement lent au début de cette phase, résulte de l'augmentation de la radiation solaire globale malgré les pertes en infrarouge qui sont encore importantes à cause de l'absence de nuages.

La pente plus raide de la courbe des températures en fin septembre - début octobre confirme le caractère particulier de cette période de l'année (en ce qui concerne la teneur en eau de l'atmosphère à proximité du sol), comme l'a signalé MBENZA (1982).

En effet, le cortège de nuages annonce à la fois l'installation de la ZCIT dans la région, qui commence déjà à influencer significativement la déperdition nocturne du rayonnement infrarouge. Il en résulte une augmentation rapide de la température de l'eau, favorisée en outre par les débits très faibles de la rivière à cette époque. Les advections de masses d'air chaud en surface, lesquelles sont déjà assez fréquentes à cette période dans la région (NTOMBI, comm. orale) contribuent aussi à limiter sensiblement le refroidissement nocturne de l'eau.

3° Phase d'oscillation

Elle couvre toute la saison des pluies (de novembre à mars). La température évolue en dents de scie, autour d'une valeur moyenne proche de 24° C en fait entre un minimum de 22° C et un maximum d'environ 25° C. Les variations de la température observées au cours de cette période sont en rapport avec l'occurrence des précipitations.

A cette période de l'année, outre le fait qu'une abondante couverture nuageuse restreint considérablement le rayonnement direct au sol et dans l'eau, les débits élevés peuvent également expliquer les diminutions importantes de la température de l'eau. Le coefficient de corrélation entre la chute de température au cours des averses et les débits de la rivière est très bon (+ 0,76) pour un total de plus de 250 relevés.

Ces débits élevés au cours des averses s'expliquent entre autres par le fait qu'un volume important des eaux pluviales atteint rapidement la rivière et ceci pour deux raisons majeures :

- La perméabilité très réduite du bassin à la suite de l'urbanisation anarchique, et
- l'orientation suivant la plus grande pente des canivaux qui collectent et accentuent la vitesse de ruissellement (LEBLANC et MALAÏSE, 1978).

L'importance de la chute de la température due aux forts débits varie cependant suivant la période d'occurrence de la pluie. Les pluies diurnes qui tombent sur un sol préalablement chauffé, ont une influence moindre sur la température de la rivière. L'influence des débits des pluies nocturnes, surtout celles qui interviennent dans la seconde moitié de la nuit, est par contre très nette. Elle est due, comme on peut s'y attendre, à l'absence de la radiation solaire et peut-être aussi aux fluctuations du rayonnement terrestre.

Amplitude moyenne journalière

Les amplitudes moyennes journalières varient au cours de l'année dans un intervalle compris entre 0,3° et 3,3° C (fig. 4). Les plus fortes valeurs s'observent dans la deuxième moitié de la saison sèche (août-septembre), au moment où le débit de la rivière et la nébulosité sont les plus faibles, tandis que les valeurs les plus basses se rencontrent en pleine saison des pluies, plus particulièrement en janvier et en février, c'est-à-dire quand la nébulosité et le débit sont les plus élevés. Bien que légèrement décalée, l'évolution au cours de l'année des amplitudes journalières de l'eau suit celle de l'air. La seule différence réside dans le fait que pour l'air, la période des fortes amplitudes s'échelonne sur toute la saison sèche, c'est-à-dire froide et chaude.

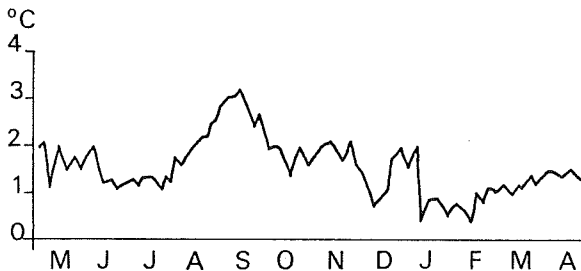


Fig. 4 : Evolution annuelle des amplitudes moyennes journalières (moyenne par groupe de 3 jours) au cours de l'année.

L'amplitude moyenne journalière des eaux de la rivière Lubumbashi (3° C) est du même ordre de grandeur que celle de la Luanza (2° C), un cours d'eau situé sur le plateau des Kundelungu, à 1700 m d'altitude (MALAISSE, 1976). Le rapprochement de ces chiffres laisse supposer que dans l'état actuel des choses, le régime thermique de la rivière Lubumbashi n'est pas encore très affecté par les effets de l'urbanisation, notamment les décharges des eaux usées ménagères et industrielles. Toutefois, au cas où l'influence urbaine aurait quant même pu jouer, il y a lieu de penser qu'elle a alors pu être masquée par un transfert de calories emmagasinées dans le lac de retenue situé à moins de 2 km en amont, comme l'a souligné FRESON (1972).

DISCUSSION

Comme on peut facilement s'en rendre compte, le régime thermique des eaux de la rivière Lubumbashi est encore, en grande partie, essentiellement contrôlé par les phénomènes radiatifs. Bien que l'urbanisation, par le ruissellement qu'elle exacerbe, influence occasionnellement la température en l'abaissant lors des averses, il n'y a pas lieu de parler, du moins actuellement, d'une pollution thermique de la rivière suite au phénomène urbain. Il semble toutefois qu'une telle éventualité ne soit pas tellement éloignée.

En effet, des manifestations de déséquilibre écologique s'observent déjà à l'endroit où les eaux du canal en provenance de la fonderie de la Gécamines, rejoignent le cours de la rivière. A cet endroit, son lit est envahi par des plantes aquatiques dont la présence ne peut être attribuée uniquement à l'envasement rapide, mais vraisemblablement aussi aux températures élevées qu'entretiennent, toute l'année durant, les eaux chaudes provenant de la fonderie toute proche

Il est certes vrai que la durée d'observations trop courte (deux années seulement) ne permet pas de faire facilement le départ entre les évolutions accidentelles et une tendance plus générale des variations observées. De plus, une étude comparative des températures prélevées en amont et en aval de la fonderie aurait sans doute mieux permis la mise en évidence de l'effet polluant de cette fonderie. mais à cause de l'envahissement du lit par la végétation rupicole, l'accès aux cours d'eau n'a pas été possible.

CONCLUSION

La température de la rivière Lubumbashi suit, en ce qui regarde les moyennes horaires, une évolution au cours de la journée marquée par le type de temps. En temps normal, la température entièrement sous l'influence des phénomènes radiatifs évolue d'un minima au lever du jour vers des valeurs maximales observées en fin d'après-midi. Lors des journées couvertes, elle reste constante tandis qu'au cours des épisodes pluvieux elle descend de 1 à 2° C au début de la pluie pour se maintenir ensuite constante pendant toute la durée de celle-ci et voire même plus tard.

L'évolution annuelle des températures journalières permet, quant à elle, de subdiviser l'année en trois phases principales :

- . une phase de refroidissement de mai à juillet au cours de laquelle la température descend d'environ 5° C d'une manière brutale au début mais plus lente et progressive durant les mois de juin et de juillet;
- . une phase de réchauffement où l'accroissement de la température atteint environ 8° C de fin juillet à fin octobre. Cette évolution commandée au début par l'augmentation de la radiation solaire est largement influencée par le volume d'eau et les advections de masses d'air chaud dans la seconde partie;
- . une phase d'oscillation qui couvre la saison des pluies et au cours de laquelle la température varie légèrement en dents de scie autour d'une valeur d'environ 24° C. les variations dans cette évolution n'étant surtout liées qu'aux seules variations de type de temps marqué par les épisodes pluvieux et aussi par le temps couvert dont l'occurrence est généralement très élevée à cette période de l'année.

L'amplitude moyenne journalière n'accuse guère plus de variation, elle continue dans un intervalle compris entre 0.3° et 3.3° C et est de même ordre de grandeur que dans les rivières naturelles.

Le fait que le régime thermique de l'eau de la rivière Lubumbashi soit entièrement sous l'influence des phénomènes radiatifs et que pour certains éléments les valeurs observées soient de même ordre de grandeur que dans les milieux naturels permet de rejeter, pour le moment au moins, l'hypothèse d'une pollution thermique due aux activités anthropiques. A moins que cette influence ne soit masquée par l'effet de régulation que pourrait jouer le lac de retenue. En effet, des observations,

malheureusement non encore vérifiées par des mesures précises, permettent de supposer qu'en aval de la fonderie, des signes de pollution apparaissent déjà et méritent qu'on leur prête l'attention voulue.

BIBLIOGRAPHIE

- BENECH, V., QUENSIERE, J. & VIDY, G., 1982. Hydrologie et physico-chimie des eaux de la plaine d'inondation du Nord Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, 19, 1, 15-35.
- FRAEYS de VEUBEKE, T., 1981. Processus et facteurs géographiques réglant la température des rivières, l'exemple de la Hoëgne. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 16-17, 65-81.
- FRESON, R., 1972. Aspect de la limnochimie et de la production primaire au lac de la Lubumbashi. *Verh. Int. Verein. Th. Limnologie*, 18, 661-665.
- HARJOABA, I. & MALAISSE, F., 1978. Régime journalier des précipitations et les types de pluies à Lubumbashi. *Geo-Eco-Trop*, 2, 4, 401-414.
- INTIOMALE, M.M., 1984. Données récentes sur les gisements Zn-Pb de l'Afrique centrale et australe. Mém. n° 08/84, Département d'Etudes Minières, Gécamines, Lubumbashi, Zaïre, 1984.
- KIMPE (de), P., 1964. Contribution à l'étude hydrobiologique de Luapula-Moëro. *Mus. Roy. Afr. Centr., Ann. Sci. Zool. Série -8*, 128, 238 p. Tervuren (Bruxelles)
- LEBLANC, M. & MALAISSE, F., 1978. *Lubumbashi, un écosystème urbain tropical*. Univ. Nat. Zaïre, Lubumbashi, 166 p.
- MALAISSE, F., 1974. Phenology of the zambezian woodland area, with emphasis on the miombo ecosystem. In : H. Lieth (Ed.) : *Phenology and seasonality modeling*. Springer Verlag, Ecological Studies, 8, 269-286.
- MALAISSE, F., 1976. *Ecologie de la rivière Luanza*. In : J.J. SYMOENS (Ed.) : *Exploration hydrobiologique du bassin du lac Bangweolo et Luapula*. Vol. XVII, fasc. 2, 151 p.
- MALAISSE, F., MALAISSE-MOUSSET, M. & SCHOROCHOFF, G., 1978. Analyse de la pluviosité à Lubumbashi et dans ses environs immédiats. *Geo-Eco-Trop*, 2, 3, 301-315.
- MBENZA, M., 1982. L'évolution de la teneur en eau de l'air à proximité du sol dans la région de Lubumbashi au cours de la période sans pluies continues. *Geo-Eco-Trop*, 6, 3, 191-199.
- NTOMBI, M.K., 1986. Etude de l'humidité de la troposphère à Lubumbashi (Shaba, Zaïre). Mém. de DES. Univ. Lubumbashi, 88 p.

- SCHMITZ, A., 1961. La végétation de la plaine de Lubumbashi (haut-Katanga). *Publ. INEAC, Série Sc.*, 113, 11-388.
- SMITH, K., 1981. The prediction of river water temperature. *J. Hydrol.* 26, 1, 19-31.
- SOYER, J. & NTOMBI, M.K., La variabilité spatiale des pluies à Lubumbashi (Zaire). *Geo-Eco-Trop*, 6, 1, 1-20.
- SYMOENS, J.J., 1968. *La minéralisation des eaux naturelles*. In : J.J. SYMOENS (Ed.) : Exploration hydrobiologique du bassin du lac bangweolo et du Luapula. Vol. II, fasc. 1, 199 p.
- SYS, C., 1960. *La carte des sols du Congo belge et du Rwanda-Urundi*, Elisabethville. INEAC T.10, fasc. 1, 48-122.