

Académie royale
des
Sciences d'Outre-Mer

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome XII, fasc. 2.

Koninklijke Academie
voor
Overzeese Wetenschappen

KLASSE VOOR NATUUR- EN
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek XII, alev. 2.

Activité du Pentachlorophénate de soude dans les eaux naturelles

PAR

J. LIÉTAR

ANCIEN AUXILIAIRE MÉDICAL
PRINCIPAL,
JADOTVILLE (KATANGA)

A. DE DECKER

DOCTEUR EN SCIENCES
BIOLOGIQUES
AFD. VISSERIJDE,
KAAPSTAD (AFRIQUE DU SUD)

M. PARENT

MÉDECIN HYGIÉNISTE,
U. M. H. K., JADOTVILLE
(KATANGA)



Rue de Livourne, 80A,
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A,
BRUSSEL 5

1961

PRIX : F 90
PRIJS:

Activité du Pentachlorophénate de soude dans les eaux naturelles

PAR

J. LIÉTAR

ANCIEN AUXILIAIRE MÉDICAL
PRINCIPAL
JADOTVILLE (KATANGA)

A. DE DECKER

DOCTEUR EN SCIENCES
BIOLOGIQUES
AFD. VISSERIJE,
KAAPSTAD (AFRIQUE DU SUD)

M. PARENT

MÉDECIN HYGIÉNISTE,
U. M. H. K., JADOTVILLE
(KATANGA)

Mémoire présenté à la séance du 17 décembre 1960.
Rapporteurs : MM. J. VAN RIEL et J. KUFFERATH.

Activité du Pentachlorophénate de soude dans les eaux naturelles

RÉSUMÉ

Dans la région de Jadotville (Katanga), 2 ruisseaux ont été traités au pentachlorophénate de soude (PCP Na) à une concentration initiale de 5 parties par million (ppm) durant 72 heures. Avant l'application, plusieurs conditions physico-chimiques et biologiques avaient été examinées à certains endroits des cours d'eau.

Les concentrations en PCP Na sont dosées à ces stations d'observation et la dispersion du molluscicide est commentée. Il est constaté que la concentration en molluscicide augmente partout dans le courant avec la prolongation du temps d'application au-delà de 24 heures.

Les effets destructifs du molluscicide sont très satisfaisants. Dans le ruisseau Kapumpi (courant rapide), *B. pfeifferi* reste absent durant 4 mois après l'application sur une distance de 5 200 mètres. Dans le ruisseau Kaponona (courant bien lent) *B. pfeifferi* et *B. africanus* sont fort rares jusque 6 mois après le traitement sur une distance de 2 200 mètres ; l'action du PCP Na est totalement inefficace à 3 400 mètres. *Lymnaea natalensis* se montre résistant au traitement dans les 2 cours d'eau. Nulle part sur le parcours, sa disparition ne dépasse les deux mois et la réinfestation est généralement rapide et abondante.

Une exploration préalable des cours d'eau à traiter est nécessaire, afin de détruire, avant l'application proprement dite, toutes les petites colonies des mollusques s'abritant dans les collections d'eau en bordure du ruisseau ; sinon, une population malacologique nombreuse réinfestera rapidement les endroits traités.

Pendant l'application du PCP Na, les réactions les plus importantes sont : une augmentation des teneurs en substances

organiques, hydrogène sulfuré et chlorures, une diminution ou disparition des sulfates. Après le traitement, ces réactions se font en sens inverse. Calcium et magnésium varient d'une façon assez confuse. L'oxygène dissous, le pH, les carbonates et bicarbonates, l'acide carbonique libre, les alcalis et les phosphates restent pratiquement inchangés.

Dans les différents climax, il faut noter une destruction massive des nappes d'algues vertes, mais qui repoussent immédiatement après le traitement. L'action du PCP Na n'apporte pas de changements essentiels dans la composition des associations zoophytiques et semble sans effet sur les plantes aquatiques émergées.

SAMENVATTING

In de buurt van Jadotstad (Katanga) werden in twee beken de slakken verdelgd met sodium chlorophenaat (Na PCP), in een concentratie van 5 delen per millioen (ppm), gedurende 72 uren. Vóór de behandeling werden op bepaalde plaatsen ven deze beken verscheidene fysische, chemische en biologische kenmerken van het water onderzocht.

In deze observatiestations werden de Na PCP concentraties getest gedurende en na de behandeling; commentaar wordt verstrekt op de verspreidingsmogelijkheden van het produkt. Alzo kon er worden vastgesteld dat overal stroomafwaarts de Na PCP concentratie stijgt, eenmaal dat de behandelingsduur de 24 uren overschrijdt.

Deze wijze van slakkenverdelging gaf in beide beken vrij goede resultaten, vooral tegen de Bilharzia-vectoren. In de Kapumpi, beek met snelle loop, werden tot 4 maanden na de behandeling geen *B. pfeifferi* meer aangetroffen tot op een afstand van 5200 m. In de Kapononabeek met zijn zeer trage loop waren de overlevende *B. pfeifferi* en *B. africanus* zeer zeldzaam tot op 2200 m en dit gedurende minstens 6 maanden na de behandeling. Maar op een afstand van 3400 m was alle doeltreffendheid verdwenen. *Lymnaea natalensis* toonde zich zeer weerstandig in beide beken; nergens verdween zij langer dan 2 maanden en haar herinfestatie werd spoedig belangrijk.

Er wordt eveneens aangetoond dat, wil men de slakken doeltreffend vernietigen, alle nevenwaters zorgvuldig dienen behandeld te worden alvorens de eigenlijke operatie aan te vangen.

De meest belangrijke chemische reacties gedurende en na de behandeling waargenomen, zijn de volgende: vermeerdering van de organische stoffen, de zwavelwaterstof en de chloriden. Maar met het stopzetten der behandeling hernemen zij spoedig hun vroegere waarden. Calcium en magnesium reageerden niet overal op dezelfde manier. Ontbonden zuurstof, pH, carbonaten, bicar-

bonaten, alkaliniteit, vrij koolzuuranhydride, kalium, natrium en phosphaten vertoonden geen merkwaardige schommelingen.

In de climax is vooral de massale vernietiging der groenalgen te noteren ; maar ook zij hernemen spoedig hun vroegere bloei. De aanwezigheid van Na PCP veroorzaakte geen essentiële verandering in de samenstelling der zoophytische associaties. De hogere waterplanten schenen in het geheel niet aangetast.

SUMMARY

In two brooks near Jadotville (Katanga, ex-Belgian Congo) eradication of the snails has been attempted with a 5 ppm concentration of Na PCP for a period of 72 hours. Before the application of the molluscicide physico-chemical and biological conditions had been investigated on different points of the brooks.

The Na PCP concentrations has been tested downstream and the dispersal characteristics of the product are criticized. It has been observed that the dosage level is rising everywhere in the flow when the exposure time exceeds 24 hours.

The two treatments gave a very good result. In the Kapumpibrook, who has a good running flow, no *B. pfeifferi* were found for a period of 4 months on a distance of 5200 m below the point of application. In the Kapononabrook, with a very slow flow, the surviving vector snails *B. pfeifferi* et *B. africanus* were extremely rare for a period of 6 months on a distance of 2200 m; yet at 3400 m there was no any effectiveness on this snail population. In the two brooks *hymnaea natalensis* resisted on the Na PCP treatment. Nowhere on the treated distances this species disappeared for longer than 2 months and his repopulation is quickly and abundant.

A particular exploration of the brooks is necessary for a successfull molluscicidal treatment ; it has been observed that the treatment will be completely inefficient when the little channels, blackwaters, etc., just next the rivers, are not treated at the same time.

The most important chemical reactions observed in the brookwaters during and after the treatment are : increase of the organic matter, sulfuric hydrogen and chlorides. These reactions are inverted as soon as the molluscicidal application finishes.

Calcium and magnesium varied confusedly. Sulphates decreased or disappeared during the treatment. Dissolved oxygen, pH,

carbonates and bicarbonates, alkalinity, free carbonic acid, kalium, natrium and phosphates did not change very much.

Among the biological reactions of the climax the heavy destruction of the green algae will be noted ; but they reappear immediately. The activity of Na PCP did not change very much the composition of the zoophytical associations, and the emerged aquatic plants suffered no damage.

INTRODUCTION

La prophylaxie des bilharzioses humaines est un problème devant lequel les chercheurs restent désarmés dans bien des cas. Ce n'est que par l'accumulation patiente de nos connaissances et expérimentations collectives que nous pourrions entrevoir la voie qui fournira une solution réelle et pratique au problème.

Nous avons eu l'occasion, séparément ou en collaboration, d'étudier le problème de la bilharziose et de ses vecteurs dans la région de Jadotville (Katanga). Nous pensons connaître la situation endémique existante (PARENT et VERBRUGGEN, 1952 ; SCHWETZ, 1953). En nous basant sur les données assez précises, quoique toujours incomplètes, des conditions biologiques et écologiques des mollusques transmetteurs (LIÉTAR, 1956), nous avons essayé de passer au stade de la lutte contre ces hôtes intermédiaires par l'emploi de molluscicides chimiques (LIÉTAR et PARENT, 1957). Cette tentative avec le Pentachlorophénate de soude (PCP Na), considéré comme le meilleur molluscicide actuel et aussi le plus prometteur (O. M. S. 1956), n'a pas donné grande satisfaction. L'expérimentation nous a cependant appris que, jusqu'à la découverte d'un molluscicide à plus large spectre d'action, une utilisation plus rationnelle du PCP Na devrait être recherchée par des études plus approfondies de son activité et comportement dans les différents biotopes.

Nous rentrons donc dans les vœux de la Conférence africaine sur la Bilharziose, tenue à Brazzaville en 1956, qui proposait e.a. les sujets d'étude suivants et qui feront également l'objet du présent travail :

1. Effets molluscicides sur la faune et la flore des habitats des mollusques ; répercussions de la destruction et des animaux associés sur les substances nutritives à l'intérieur de l'habitat ;

2. Étude de l'efficacité du sulfate de cuivre (dans l'étude présente ; pentachlorophénate de soude) ; étude des facteurs physico-chimiques en jeu.

Dans ce but, 2 ruisseaux de la région ont été choisis : le Kapumpi et le Kaponona. Ils représentent deux types d'eau caractéristiques de la région et différent l'un de l'autre aussi bien au point de vue physique qu'en ce qui concerne leur population malacologique. L'application du PCP Na a eu lieu au début de la saison sèche, période où débute la réinfestation malacologique des cours d'eau et où les facteurs climatiques restent assez stables durant une période suffisamment prolongée pour permettre autant que possible une comparaison valable entre les facteurs physiques, chimiques et biologiques du milieu aquatique avant, pendant et après l'application du PCP Na.

L'étude comprendra donc :

1. Les conditions physiques, chimiques et biologiques des ruisseaux traités *avant* l'application du PCP Na ;
2. Le traitement au PCP Na : technique employée, méthode de dosage, dispersion du molluscicide dans le courant ;
3. Les réactions physico-chimiques et biologiques enregistrées *pendant* et *après* l'application ;
4. Les effets molluscicides des traitements.

* * *

Ce travail a été réalisé sur le terrain. Son but est de contribuer au problème prophylactique de la bilharziose humaine par une connaissance plus complète sur l'activité du PCP Na dans le milieu aquatique.

Dans le vaste complexe hydrobiologique, il ne nous est pas toujours possible d'expliquer correctement tous les phénomènes constatés. Ainsi certains résultats seront donnés tels quels ; ils pourront éventuellement servir d'indication à d'autres chercheurs. Car c'est par l'accumulation des données et par la confrontation des résultats, même négatifs, que le problème social, que posent les bilharzioses humaines, a le plus de chances de trouver une solution.

I. — GÉNÉRALITÉS

A. MÉTHODE D'OBSERVATION.

La composition des eaux de rivière est sans conteste sous l'influence des facteurs géologiques ; sur le parcours, les activités humaines jouent souvent un rôle déterminant. Comme le ruisseau Kapumpi sera traité et étudié sur une distance de 5 300 m et le Kaponona sur 3 800 m et que, d'autre part, ces deux cours d'eau coulent tout près de centres urbains, nous pouvons y supposer une succession de biotopes assez variés.

C'est pourquoi nous avons établi, dans chaque ruisseau, 6 stations d'observation sur le parcours à traiter. Leur emplacement s'est désigné selon la bonne accessibilité à l'eau et se situe par rapport à l'endroit d'application du molluscicide de la façon suivante :

	<i>Kapumpi</i>	<i>Kaponona</i>
Station n° 1 :	(témoin) quelques mètres en amont.	
Station n° 2 :	à 100 m en aval ;	à 100 m en aval
Station n° 3 :	à 500 m » ;	à 800 m en aval
Station n° 4 :	à 2 000 m » ;	à 1 500 m en aval
Station n° 5 :	à 2 800 m » ;	à 2 200 m en aval
Station n° 6 :	à 5 200 m » ;	à 3 500 m en aval.

Dans chacune de ces stations, nous avons détaillé le mieux possible les aspects physiques, chimiques et biologiques pendant au moins les 3 périodes suivantes :

- La première : Quelques jours *avant* le début de l'application ;
- La seconde : Pendant la durée de l'application (après 48 heures) ;
- La troisième : 5 jours (120 heures) *après* la fin du traitement.

D'autres analyses complémentaires furent pratiquées en dehors de ces intervalles fixés d'avance et l'observation des facteurs biologiques (flore et faune) fut même poursuivie plusieurs semaines après la fin de l'application.

Nous pensons que l'ensemble des résultats devrait nous fournir certaines précisions de la nature et du degré des réactions, éventuellement déclenchées dans ces milieux aquatiques par la présence d'une concentration déterminée de pentachlorophénate de soude.

Cette concentration fut établie pour chaque station d'observation afin d'évaluer les possibilités de dispersion du produit et ses effets molluscicides à des doses variables.

Pour éviter dans les analyses certaines anomalies imputables aux variations journalières de l'habitat aquatique, les échantillons d'eau furent toujours prélevés entre 8 et 11 heures du matin, dans un ordre établi d'avance pour chaque ruisseau en particulier.

B. MÉTHODES UTILISÉES POUR ANALYSES CHIMIQUES.

pH: La mesure est prise sur place par méthode colorimétrique (pHmètre Lovibond).

Matières organiques: Les dosages sont faits sur de l'eau non filtrée selon la méthode de KUBEL et TIEMANN: détermination de l'oxydabilité à chaud.

Oxygène dissous: Est la méthode par différence d'iode selon la réaction de WINKLER, modifiée par OHLE.

Acide carbonique libre: Titration par Na_2CO_3 jusqu'à transformation totale de CO_2 en HCO_3 , c'est-à-dire jusqu'à coloration de la phénolphtaléine.

Hydrogène sulfuré: Par la méthode originelle de DUPASQUIER, modifiée par OHLE (1936).

Alcalinité: OÙ puissance d'absorption d'acides (*Saurebindungsvermögen*) est la quantité HCl n/10 nécessaire pour neutraliser 100 cc₃ d'eau, en présence de méthylorange.

Dureté totale, CaO et MgO: Dosages par les méthodes des complexons.

Chlorures: Par la méthode titrimétrique de MOHR: solutions de AgNO_3 n/35,5 et K_2CrO_4 à 5 g/100 ml.

Carbonates et bicarbonates : Titration par acide (sulfurique) avec les indicateurs phénolphtaléine et méthylorange.

Sulfate : Précipitation des sulfates par le chlorure de baryum.

Phosphates : Par colorimétrie du complexe phosphovanado-molybdate.

Sodium et potassium : Par photomètre à flamme.

C. DONNÉES GÉOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES.

Jadotville est située dans le Katanga méridional approximativement sur le 11° latitude-Sud et le 27° longitude Est, à une altitude d'environ 1250 m. Son haut plateau fait partie du système des Kundelungu et montre une structure superficielle très variée, où alternent les formations calcaires, les schistes argileux et gréseux et une tillite qui donne souvent les reliefs.

Le climat est du type soudanien, avec une température moyenne annuelle de 22° C. Il existe une saison sèche et une saison des pluies, totalisant chacune une durée d'environ 6 mois. La saison sèche débute vers le 15 avril, et la saison des pluies vers le 15 octobre. La pluviosité annuelle totale oscille entre 1 100 et 1 500 mm. Les mois de mai, juin et juillet sont les plus froids de l'année.

II. — LES CONDITIONS PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES RUISSEAUX AVANT L'APPLICATION DU PCP Na

A. LES CONDITIONS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU RUISSEAU KAPUMPI.

1. *Description générale et conditions physiques du ruisseau.*

Le ruisseau coule dans une vallée à flancs assez raides. Son cours est peu sinueux, excepté pendant les 3 derniers kilomètres, où il traverse et longe un conglomérat à pâte calcareuse.

Le lit est large, mais en saison sèche le courant n'en occupe qu'une partie. Sur les bandes émergées, une végétation herbeuse peu élevée se développe. Dans le cours inférieur, le lit se rétrécit et l'eau en remplit toute la largeur. Les berges sont verticales, hautes de 1 à 2 m et couvertes d'herbes ; elles portent rarement une végétation arbustive. Seulement en aval, une végétation riveraine plus élancée donne un peu d'ombre à l'eau.

La pente générale du ruisseau est de 1,36 %. Le courant est généralement rapide (aux environs de 1,5 km l'heure), sauf en quelques endroits où des bancs de conglomérats provoquent un ralentissement du courant. L'eau, très limpide, est généralement peu profonde : 10 à 25 cm. Le substrat se compose d'un gravier assez grossier entremêlé de gros moellons gréseux. Un dépôt de sable fin couvre le lit aux endroits où le courant est ralenti ; l'eau y est aussi un peu plus profonde (0,50 m). La température de l'eau et la vitesse du courant ⁽¹⁾ sont données pour chaque gîte dans le *tableau 1*.

Le ruisseau Kapumpi a une longueur totale d'environ 9 km, dont seulement les 5 300 m inférieurs seront traités au PCP Na. La pente de ce tronçon est de 1,0 %. Le ruisseau n'y reçoit aucun

⁽¹⁾ La vitesse renseignée est celle prise au milieu du courant, à la surface de l'eau.

Tableau I. — *Résultats des analyses physiques et chimiques des 6 stations d'observation du ruisseau Kapumpi avant l'application du PCP Na*

Station	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Situation	avant	à 100 m	à 500 m	à 2 000 m	à 2 800 m	à 5 200 m
Débit d'eau (l/sec)	47,000	55,000	60,000	70,000	82,000	140,000
Vitesse courant (km/h)	1,650	1,750	1,600	1,600	1,500	1,350
Température eau (°C)	18,500	18,500	18,500	18,000	17,500	18,000
pH	7,350	7,450	7,900	8,100	8,150	8,100
Mat. organ. (mg/l)	1,000	1,300	1,200	1,600	1,600	1,300
O ₂ »	8,400	8,800	9,000	9,400	10,400	8,700
CO ₂ »	19,400	14,200	5,200	néant	néant	néant
H ₂ S »	0,050	0,050	0,050	0,060	0,060	0,060
Alcalinité (cc ³ HCl n/10)	5,200	5,260	4,850	4,360	4,620	4,710
Dureté totale (° Fr)	26,700	27,000	27,000	26,600	28,500	27,700
CaO (mg/l)	78,500	79,300	77,000	66,200	70,800	74,300
MgO »	51,000	51,600	53,200	59,200	63,000	58,000
Cl »	4,000	4,000	4,000	9,000	8,000	9,000
CO ₁ »	néant	néant	néant	néant	néant	néant
HCO ₃ »	330,000	320,000	290,000	250,000	250,000	240,000
SO ₄ »	8,000	8,000	6,000	49,000	25,000	39,000
PO ₄ »	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Na »	9,000	9,000	8,000	11,000	11,000	11,000
K »	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Bac. Coli. %	—	79,000	—	—	70,000	—

affluent ; son débit augmente cependant de 47 à 140 l/sec, grâce à quelques sources adjacentes et aux apports de plusieurs caniveaux d'évacuation d'eau, provenant de la ville et des camps de travailleurs. Sur le parcours traité il y a lieu de noter les particularités suivantes :

— Juste avant l'endroit du traitement : un développement exceptionnellement dense mais peu élevé d'une végétation aquatique ;

— A 300 m en aval : une cascade d'environ 2 m de haut.

— A environ 1 800 m en aval : un apport quotidien d'à peu près 200 m³ d'eau, provenant du nettoyage des filtres à la Station d'épuration d'eau de Jadotville, où la décantation des matières organiques se fait par addition de sulfate ferrique et la rectification du pH par addition de lait de chaux ;

— A 2 800 m en aval ; le ruisseau subit une certaine pollution par le déversement d'eaux de lessive et de lavage d'un camp de travailleurs ;

— Sur presque toute la longueur traitée, un large développement d'algues vertes.

2. *Les conditions chimiques.*

La grande variabilité chimico-biologique des eaux naturelles dépend beaucoup plus des teneurs absolues et relatives des ions dissous que de la présence ou de l'absence de certains éléments. Les eaux contiennent quasi toujours les mêmes constituants majeurs ; seule en varie leur concentration.

Mais la lecture et surtout l'interprétation et la comparaison entre elles de ces données chimiques sont souvent ardues. A cet effet, KUFFERATH (1951) a élaboré une représentation graphique et une classification chimique rationnelle en types des eaux naturelles. Cet auteur présente toute eau par un graphique où les 6 ions (ou sommes d'ions) majeurs sont reportés sur les axes d'une figure hexagonale ; soit 3 anions ou somme d'anions ; Cl^- , SO_4^{2-} et CO_3^{2-} , soit 3 cations ou somme de cations : Mg^{++} , Ca^{++} , et les alcalins fixes (Na^+ et K^+). Les autres ions ne sont jamais comptés ou bien sont incorporés dans un des 6 ions majeurs : p. e. Br^- et I^- dans Cl^- , Li^- dans K^- et Na^- . Pour la présentation du diagramme de référence et le tracé des figures représentatives des eaux, les teneurs seront d'abord recalculées en millivalences-grammes, puis exprimées en pourcentage de la somme des ions du même signe (anions ou cations). La *Fig. 1* montre les représentations graphiques, selon la méthode de KUFFERATH, de l'eau du ruisseau Kapumpi dans les 6 stations d'observation. Les valeurs absolues, ainsi que les autres résultats des analyses chimiques, sont indiqués dans le *tableau I*. L'on peut y constater que sur tout son parcours, l'eau du ruisseau Kapumpi est hexaionique, à forte tendance vers le type calcimagnésique carbonaté ; les teneurs en alcalis (Na et K), Cl et SO_4 sont faibles.

Malgré cette forte ressemblance dans leur représentation graphique et classification chimique rationnelle, les eaux des 6 stations le long du ruisseau ne sont cependant pas tout à

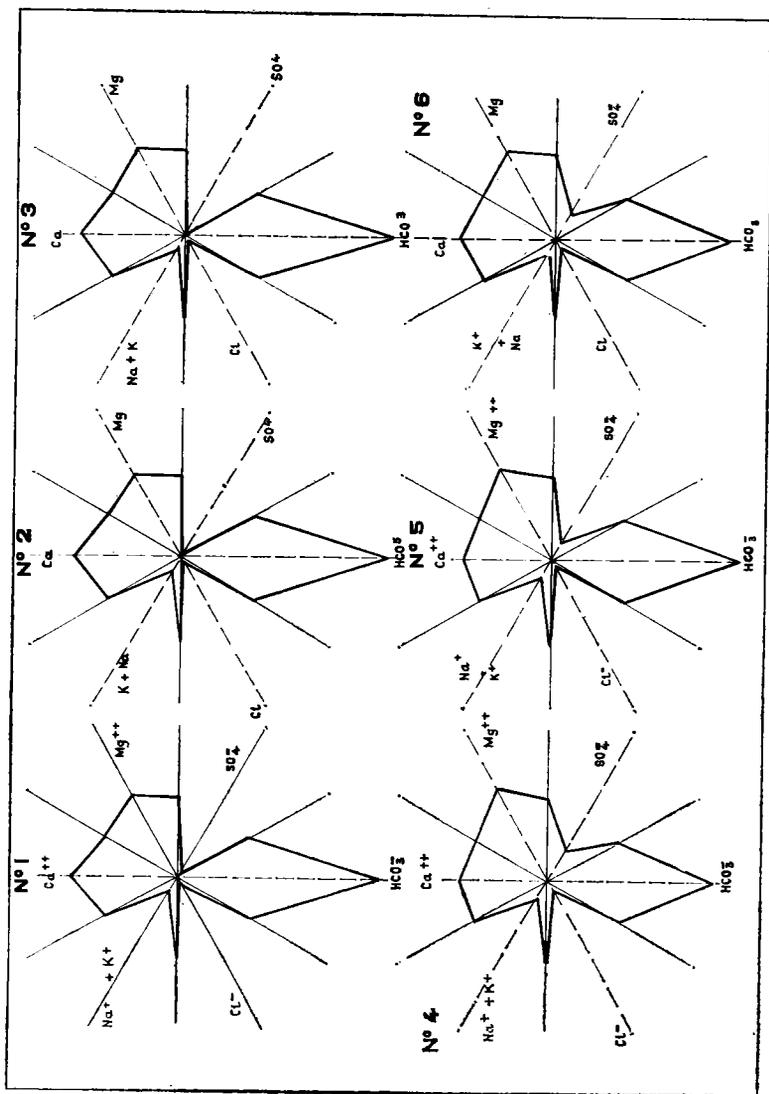


Fig. 1. — Représentation graphique, selon KUFFERATH, des eaux du ruisseau Kapumpi avant l'application du PCP Na.

fait identiques. Ces différences chimiques sont assez nettes entre les 3 stations en amont et celles en aval.

	Stations nos 1, 2, 3	Stations nos 4, 5, 6
pH	7,35 à 7,90	8,10 à 8,15
Mat. organ. mg/l	1,00 à 1,30	1,30 à 1,60
O ₂ »	8,40 à 9,00	8,70 à 10,40
CO ₂ »	19,40 à 5,20	néant
HCO ₃ »	330,00 à 290,00	250,00 à 240,00
Alcalinité cc HCl	5,26 à 4,85	4,36 à 4,71
SO ₄ mg/l	8,00 à 6,00	49,00 à 25,00
Cl ₁ »	4,00	9,00 à 8,00
CaO »	79,30 à 77,00	66,20 à 74,30
MgO »	51,00 à 53,20	63,90 à 58,00
Dureté totale Fr	26,70 à 27,00	26,60 à 28,50

Les éléments tels que H₂S, K, Na, PO₄ et CO₃ varient peu le long du parcours (*Tableau 1*).

A l'endroit de l'application du molluscicide (Station 1), le courant est rapide et l'oxygénation de l'eau très satisfaisante (8,4 mg/l). L'eau est cependant fortement chargée d'acide carbonique libre (19,4 mg/l) ; le pH est peu élevé (7,25), malgré une alcalinité (5,2 cc) et une dureté totale (26,7° Fr). assez prononcées. Ces particularités, assez rares mais passagères, trouvent peut-être une explication dans la présence en amont d'un conglomérat à pâte calcaireuse et d'une végétation aquatique assez dense : l'excès en CO₂ se combinerait au calcaire du conglomérat et les carbonates seraient redissous à l'état de bicarbonates.

Mais le CO₂ se libère rapidement de cette eau peu profonde et bien agitée (à noter la cascade à 300 m en aval), de sorte qu'il disparaît pratiquement après 500 m (station 3) ; le pH s'élève à 7,9, l'oxygénation devient plus complète et les teneurs des bicarbonates diminuent progressivement en même temps que celles du Ca.

Plus loin en aval (à 1 800 m), les eaux usées provenant du nettoyage des filtres à la Station d'épuration d'eau déversent dans le ruisseau d'autres substances chimiques, et nous notons une augmentation consécutive des teneurs en SO₄, Cl, Mg et matières organiques. Cependant, la présentation graphique, selon la méthode de KUFFERATH (*Fig. 1*), montre qu'en réalité il y a peu de changements essentiels dans la composition chimique

de l'eau. Parmi les cations, la prédominance est prise en aval par le Mg au détriment du Ca, tandis que parmi les anions les pourcentages des bicarbonates fléchissent légèrement, Cl et SO₄, ayant des valeurs supérieures à celles d'amont.

B. LES CONDITIONS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DU RUISSEAU KAPONONA.

1. Description générale et conditions physiques du ruisseau.

Le ruisseau prend son origine à la même nappe aquifère que le Kapumpi, mais s'écoule vers le Nord-Est dans une vallée assez large, tandis que le ruisseau Kapumpi se dirige vers le Sud en terrain accidenté.

Cette vallée du Kaponona est assez étroite au début, mais elle s'élargit de plus en plus pour atteindre une largeur d'environ 800 m au confluent de la rivière Buluo. Les flancs, en pente douce, sont dépourvus d'arbres et portent, en beaucoup d'endroits, des plantations de manioc, maïs et divers légumes, ces derniers surtout près des berges où le sol est régulièrement enrichi par une couche d'alluvions argileuses déposées par les inondations en saison des pluies.

La pente générale du ruisseau est de 1,72 % sur une longueur totale de 6 500 m ; elle est cependant assez irrégulière. Les premiers 2 800 m à partir de la source ont une déclivité très accentuée ; le cours d'eau y est peu sinueux et l'eau, bien limpide, s'écoule rapidement sur un substrat composé soit de gros moellons et galets gréseux, soit d'une argile consistante. Le débit est restreint : 10 l/sec. Les berges s'élèvent d'aplomb à un mètre et plus au dessus de l'eau et les plantes aquatiques *Polygonum*, *Commelina*, etc. se développent principalement près des rives. Dans cette partie l'eau cesse de couler en saison sèche et ne subsiste pendant cette période que sous la forme de quelques tronçons où l'eau stagne ou s'évapore progressivement (station 1 et 2).

L'application du PCP Na a eu lieu vers la fin de ce tronçon ; la distance traitée est de 3 800 m et présente un degré de déclivité de 1,35 %. Pendant les premiers 1 500 m de cette partie traitée, le ruisseau se creuse un lit fort sinueux à travers un terrain argileux et assez plat, où vers la fin il y a un conglomérat

à pâte calcaireuse à traverser. Son écoulement est le plus souvent semi-stagnant et la profondeur de l'eau entre 30 et 50 cm. Ainsi, le lit est-il constitué par une couche de boue molle et envahi presque complètement par une végétation aquatique dense et assez élevée (*Echinochloa*, *Leersia*, *Polygonum*, etc.). Les berges rarement herbeuses ne s'élèvent que très peu au-dessus du niveau de l'eau. L'eau reste généralement assez limpide, excepté à quelques endroits où les indigènes en puisent pour l'arrosage journalier de leurs cultures maraîchères.

Après le passage du conglomérat, le courant devient plus rapide et l'eau moins profonde. Les berges sont plus élevées et couvertes d'herbes ; de gros moellons obstruent souvent un lit bien dégagé. Dans les derniers 500 m de son parcours, le ruisseau se creuse un lit de plus en plus profond et les berges verticales peuvent même atteindre jusque 2 mètres de haut. En plusieurs endroits, le lit s'élargit jusque 2 à 3 mètres où l'eau s'accumule ; ainsi son écoulement y est fort irrégulier. La végétation aquatique est principalement riveraine (*Commelina sp.*) et n'est développée qu'aux endroits où les berges sont moins raides et le courant plus rapide.

2. Les conditions chimiques.

Le *Tableau 2* indique les résultats des analyses chimiques dans les 6 stations du ruisseau Kaponona. Malgré des données souvent fort différentes de celles du ruisseau Kapumpi, la représentation graphique des eaux du Kaponona, selon la méthode de KUFFERATH, indique une composition chimique essentiellement identique de ces deux ruisseaux qui sourdent d'ailleurs de la même nappe aquifère. Ainsi, dans les 5 premières stations, l'eau montre une tendance très prononcée vers le type calcimagnésique carbonaté, avec des faibles teneurs en alcalis, Cl et SO_4 (*Fig. 2*). Dans les stations n^{os} 1 et 2, les sulfates sont même absents, de sorte qu'à l'endroit de l'application du PCP Na nous avons eu à faire à une eau pentaionique, asulfatée. Dans la station n^o 6, la représentation graphique de l'eau change en ce qui concerne le groupe des anions. Une forte teneur en sulfates (170 mg/l) fait ressortir un type d'eau plutôt ahalitique, avec faible présence des alcalis, Na et K, et des chlorures. Le groupe des cations reste inchangé.

Tableau 2. — *Résultats des analyses physiques et chimiques des 6 stations d'observation du ruisseau Kaponona avant l'application du PCP Na.*

Station	N° 1 témoin	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6
Situation	avant	à 100 m	à 800 m	à 1 500 m	à 2 200 m	à 3 500 m
Débit d'eau (l/sec)	12,00	15,00	20,00	25,00	30,00	40,00
Vitesse courant (m/h)	1 000,00	800,00	sem. stagn.	600,00	1 200,00	900,00
Température eau (°C)	14,00	15,00	16,00	17,00	16,50	22,00
pH	7,50	6,90	6,70	7,15	7,50	7,30
Mat. org. (mg/l)	1,40	1,90	2,50	1,00	1,00	0,50
O ₂ »	8,00	7,50	3,00	4,70	7,30	6,20
CO ₂ »	9,20	17,60	26,60	18,80	5,60	15,60
H ₂ S »	0,09	0,11	0,13	0,14	0,11	0,12
Alcalinité (cc ³ HCl n/10)	3,40	2,17	2,30	4,61	4,53	5,92
Dureté totale (°Fr)	13,30	9,10	10,40	18,70	16,90	27,10
CaO (mg/l)	41,20	27,20	32,50	53,90	44,60	83,10
Mg O »	24,70	17,10	18,40	36,50	36,00	49,20
Cl »	4,00	3,00	2,00	1,00	1,00	7,00
CO ₃ »	néant	néant	néant	néant	néant	néant
HCO ₃ »	150,00	140,00	250,00	300,00	290,00	320,00
SO ₄ »	néant	néant	2,00	5,00	2,00	170,00
PO ₄ »	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Na »	11,00	11,00	8,00	10,00	8,00	8,00
K »	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00
Bac. Coli. %	—	350,00	920,00	—	1 600,00	—

Si les eaux des 5 premières stations appartiennent toutes à un même type, l'examen en détail de leur composition chimique révèle cependant de nombreuses variations hydrologiques importantes.

Ainsi à l'endroit de l'application du molluscicide le courant est assez rapide et l'oxygénation de l'eau très suffisante (8 mg/l). Les teneurs en CO₂, H₂S, Ca, Mg, HCO₃ et le pH ont une valeur normale et ressemblent à celles que l'on trouve habituellement dans de tels ruisseaux. Mais dans les premiers 100 m, les infiltrations souterraines changent immédiatement l'aspect chimique de l'eau : abaissement du pH jusque 6,9 et légère diminution de l'O₂, de l'alcalinité, de la dureté totale ainsi que des bicarbonates. Déjà une légère pollution s'installe avec augmentation des teneurs en CO₂, H₂S et matières organiques.

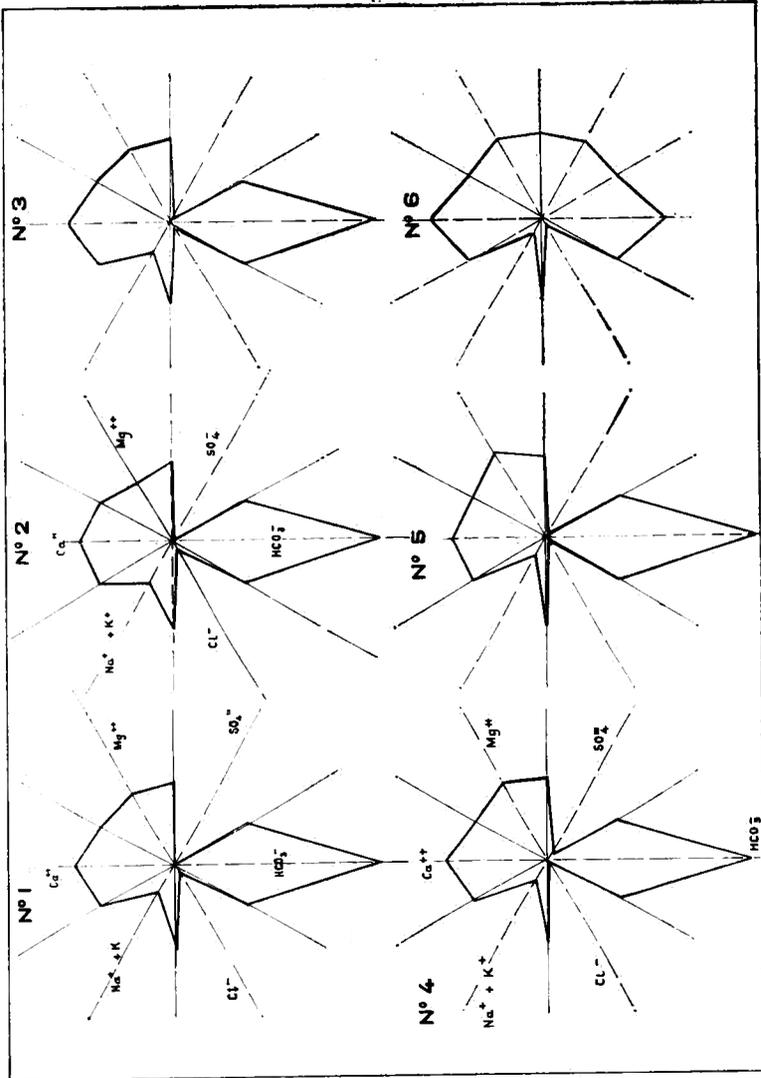


Fig. 2. — Représentation graphique, selon KUFFERRATH, des eaux du ruisseau Kaponona avant l'application du PCP Na.

Plus loin, le ruisseau doit se creuser un lit à travers un terrain assez plat. L'eau devient plus profonde et est le plus souvent semi-stagnante (station n° 3). La présence d'une végétation dense de plantes aquatiques émergées (*Leersia*, etc.) occasionne une accumulation de vase et une forte désoxygénation de l'eau (3 mg/l). Il s'ensuit une augmentation des teneurs en matières organiques, en acide carbonique libre et en hydrogène sulfuré. Le pH s'abaisse jusque 6,7, malgré une légère hausse dans l'eau des teneurs en Ca, de l'alcalinité et de la dureté totale.

L'excès notable d'anhydride carbonique forme probablement des bicarbonates de calcium, qui montent jusque 250 mg/l.

Vers la fin de ce tronçon, le ruisseau traverse un conglomérat à pâte calcareuse. Après son passage, l'écoulement s'accélère et on peut ainsi remarquer dans les stations n°s 4 et 5 une meilleure oxygénation de l'eau et une forte diminution du CO₂. Mais de son côté le conglomérat a formé une eau calcareuse, dure et bicarbonatée. Vers la fin du parcours (station n° 6) le courant crée plusieurs méandres et l'écoulement est fort irrégulier. En plus, en amont quelques vaches viennent régulièrement s'abreuver. La hausse en CO₂ et en Cl indique une certaine pollution, mais les matières organiques restent très faibles (?). Le sol calcaire fait monter les teneurs en Ca à 83 mg/l et il est probable que l'excès en CO₂ maintient les bicarbonates à un niveau élevé (320 mg/l). La richesse de l'eau en sulfates (170 mg/l) fait cependant ressortir un type d'eau nettement différent de ceux en amont (*Fig. 2*).

C. LES ASPECTS BIOLOGIQUES DES RUISSEAUX KAPUMPI ET KAPONONA.

L'aspect biologique particulier du Kapumpi est, croyons-nous, déterminé en premier lieu par le courant vif qui se maintient durant toute la saison sèche. Nulle part, le ruisseau ne se laisse complètement obstruer par les herbes, comme c'est le cas du Kaponona. Même à travers les herbiers assez denses qui rétrécissent son lit à certains endroits, l'eau se ménage facilement un passage libre. La violence accrue du courant y provoque par succion une circulation continue entre les tiges submergées des plantes. Cela crée un milieu bien oxygéné où les détrit

organiques, d'ailleurs assez importants comme l'ont montré les pêches au filet planctonique, sont rapidement minéralisés.

Franchement alcalin sur tout son parcours, riche en substances minérales et en oxygène dissous, le ruisseau est le siège d'une production biologique considérable. Tant par sa quantité que par la diversité de ses organismes, elle dépasse nettement celle du Kaponoma. Dès la fin de la saison des pluies, les algues vertes et les diatomées abondent déjà partout. Outre les innombrables gastéropodes, d'importantes colonies de larves de chironomides s'installent tant dans le sédiment qu'à l'intérieur des épaisses touffes de *Cladophora*. Un trait typique de ce milieu alcalin est sa richesse en chlorophycées, comparativement au Kaponoma, dont le pH est moins élevé.

III. — L'APPLICATION DU PENTACHLOROPHÉNATE DE SOUDE

Dates : Le ruisseau Kapumpi : du 19 au 21 mai 1958.

Le ruisseau Kaponona : du 9 au 11 juin 1958.

Marque du produit : Pentachlorophénate de soude *Dowcide G* en poudre.

1. *Type de traitement.*

Le type de traitement projeté pour les 2 ruisseaux est une concentration initiale de 5 parties par million (ppm) pendant 72 heures, soit un traitement total de 360 ppm/heures.

Cette concentration est suffisamment toxique à son début (JOVE, 1956 ; KLOCK et autres, 1957 ; PAULINI, 1958). La longue durée de l'application nous permettra d'observer dans les 2 ruisseaux les différents effets du molluscicide à des concentrations progressivement affaiblies et dans des conditions d'écoulement fort différentes.

Dans le ruisseau Kapumpi, le traitement a été appliqué tel quel. Ce n'était, malheureusement, pas le cas dans le Kaponona.

2. *Mode d'application.*

L'application du molluscicide s'est faite de la façon suivante :

Kapumpi : Un fût, contenant 200 litres d'une solution à 10 % de PCP Na, laisse constamment écouler dans le courant une certaine quantité de cette solution de façon à y produire une concentration de 5 ppm. Ce fût est pratiquement vide après 24 heures d'écoulement.

Quantité de PCP Na employée : $20 \text{ kg} \times 3 \text{ jours} = 60 \text{ kg}$.

Kaponona : Le même type d'application était prévu. Cependant le fût, renfermant 10,5 kg de molluscicide et destiné à une

application de 48 heures, a été renversé dans l'eau par des enfants indigènes après environ 8 heures de traitement. Le lendemain matin un deuxième traitement est appliqué avec 7,5 kg de PCP Na pour une durée de 40 heures, soit à une concentration de 4,3 ppm. Dans le ruisseau Kaponona $10,5 + 7,5 = 18$ kg ont donc été utilisés, donnant une concentration moyenne de 6,5 ppm durant 64 heures, soit un traitement de 416 ppm / heure.

3. Température de l'eau et insolation pendant le traitement.

— Le ruisseau Kapumpi :

Température de l'eau : un minimum de 16,5° C.
un maximum de 23,5° C.

Insolation : les 3 journées avaient une insolation totale.

— Le ruisseau Kaponona :

Température de l'eau : un minimum de 12,5° C.
un maximum de 21° C.

Insolation : 1^{er} jour : insolation totale.

2^e jour : ciel couvert de 6 à 8/10.

3^e jour : jusqu'à midi, ciel couvert au 10/10 ;
après-midi : insolation totale.

4. Méthode de dosage du PCP Na dans le courant.

La méthode employée est celle de HASKINS (1954), mais modifiée. En effet, au cours de quelques essais préparatoires avec des solutions connues de PCP Na, nous avons remarqué que les colorations Standard, et celles du Test ne s'accordaient pas complètement. Nous avons remplacé les couleurs Standard de la méthode par 10 solutions de PCP Na (allant de 0 à 5 ppm pour le ruisseau Kapumpi et de 0 à 50 ppm pour le Kaponona) et qui étaient préparées avec de l'eau non traitée des ruisseaux selon la méthode du Test, c'est-à-dire 5 ml solution PCP Na, 1 ml de réactif bicarbonate bleu de méthylène et 5 ml de chloroforme.

A cause de leur préparation identique, ces nouvelles couleurs Standard correspondent exactement à celle du Test. Elles se détériorent cependant après une à deux heures, et il est donc nécessaire de les renouveler avant chaque série de dosages. L'emploi du *Lovibond Comparator* permet même une certaine distinction parmi les concentrations inférieures à 1 ppm. Signalons que les eaux des ruisseaux traités sont et restent limpides durant toute la durée de l'expérimentation. Ce qui a évité les difficultés éprouvées par J.-A. JOVE (1956) et aussi le fait que

« ... the results are affected by the substances present in the water »,

la même eau étant utilisée dans les colorations Standard et dans celles du Test.

5. Concentration du PCP Na dans le courant.

a) Dans le ruisseau Kapumpi :

Le long de son parcours nous constatons les concentrations en PCP Na suivantes :

Pendant l'application même :

Tableau 3. — Les concentrations en PCP Na sur le parcours du ruisseau Kapumpi.

	Après 24 heures		Après 48 heures	
	concentr. en ppm	%	concentr. en ppm	%
Concentrat. init.	5,00	100	5,00	100
Station 2 : à 100 m	5,00	100	5,00	100
Station 3 : à 500 m	3,50	70	4,00	80
à 1.600 m	1,50	30	2,25	45
Station 4 : à 2.100 m	1,00	20	1,50	30
Station 5 : à 2.800 m	0,75	15	1,00	20
Station 6 : à 5.200 m	0,25	5	0,50	10

La *fig. 3* présente en graphiques ces différentes concentrations sur le parcours traité du ruisseau Kapumpi.

Nous pouvons y remarquer :

— Partout dans le courant, la concentration en PCP Na s'élève après les premières 48 heures de traitement. Cette augmentation

est même assez sensible : de 0,5 à 0,75 ppm pendant les premiers 2 000 m et de 0,25 ppm plus en aval.

— La chute de la concentration est la plus marquée entre 500 et 1 600 m : une baisse de 3,5 à 1,5 ppm pendant les premières 24 heures d'application et de 4 à 2,5 ppm après cette durée. Plus en aval, la diminution de la concentration est beaucoup moins prononcée.

— Une dispersion très lointaine du molluscicide. Dans la station 6 (5 200 m) les premières traces de PCP Na sont décelées (par dosage) 7 heures 30 après le début de l'application. Sur le parcours traité du ruisseau Kapumpi l'écoulement du PCP Na se fait donc à une vitesse moyenne de 700 mètres/heure.

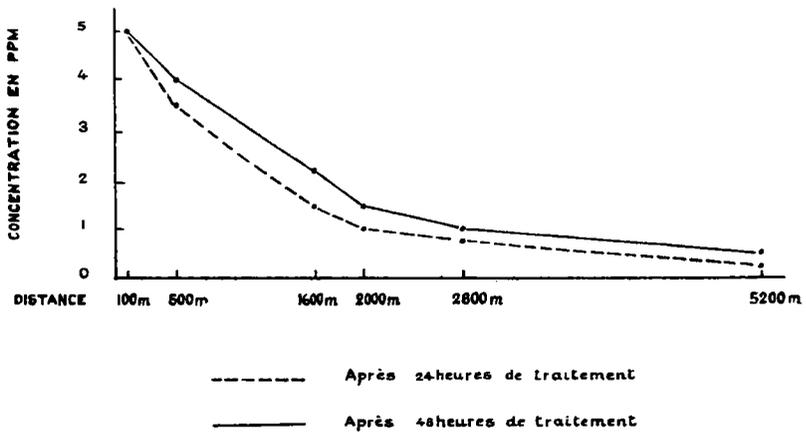


FIG. 3. — Concentrations du PCP Na dans le ruisseau Kapumpi.

Après l'application :

Le PCP Na ne disparaît pas rapidement du courant une fois le traitement terminé. A ce sujet, les dosages de l'eau nous donnent les renseignements suivants :

24 heures après la fin de l'application : traces de molluscicide bien visible mais inférieures à 0,25 ppm sur tout le parcours ;

48 heures après la fin de l'application : ces traces persistent partout ;

120 heures après la fin de l'application : légères traces dans le courant, mais qui sont plus nettes dans les eaux calmes près des rives ;

144 heures après la fin de l'application ; plus de traces dans le courant, mais légères traces près des rives, excepté à 5 200 m ;

168 heures après la fin de l'application : plus de traces nulle part dans le courant.

b) *Dans le ruisseau Kaponona :*

Rappelons que dans ce ruisseau le premier fût avec la solution de PCP Na fut renversé dans le courant par des enfants indigènes.

Ainsi le traitement appliqué était le suivant :

1^{er} jour : Durant 8 heures une concentration de 5 ppm ;
Durant environ 1 heure une concentration de +
200 ppm ;

Plus de traitement durant 15 heures (soirée et nuit).

2^e et 3^e jour : Une concentration de 4,3 ppm durant 40 heures,
ce qui donne une concentration moyenne de
6,5 ppm pendant 64 heures.

Le molluscicide arrive à la station 6 (3 500 m) seulement après 70 heures. Son évacuation se faisait donc à une vitesse moyenne de 50 mètres/heure.

Le *tableau 4* donne les résultats des dosages de la concentration en PCP Na le long du ruisseau, la *figure 4* présente ces mêmes concentration en graphique.

Tableau 4. — *Concentration en ppm du PCP Na le long du ruisseau Kaponona.*

	Pendant l'application			Après l'application			
	24 h	48 h	72 h	1 ^{er} j	2 ^e j	4 ^e j	5 ^e j
Concentr. init.	200	4,3	4,3	—	—	—	—
Station 2 (100 m)	30	20,0	10,0	5	2	trac.	—
Station 3 (800 m)	15	25,0	15,0	10	3	trac.	—
Station 4 (1 500 m)	trac.	1,0	10,0	5	2	trac.	—
Station 5 (2 200 m)	—	—	2,5	5	2	trac.	—
Station 6 (3 500 m)	—	—	trac.	1	trac.	—	—

L'écoulement de la concentration de 200 ppm, réalisée durant une heure seulement, est facile à suivre dans le ruisseau. Elle

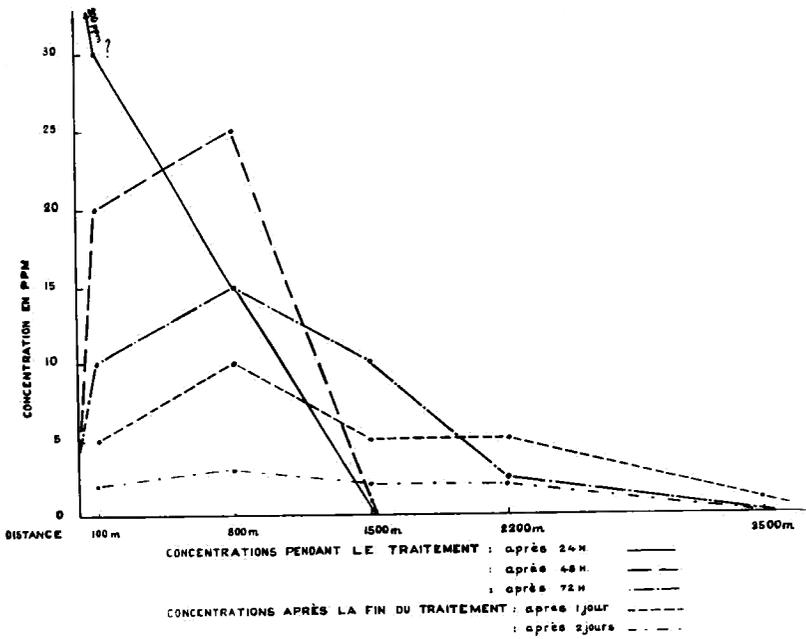


FIG. 4. — Concentrations du PCP Na dans le ruisseau Kaponona.

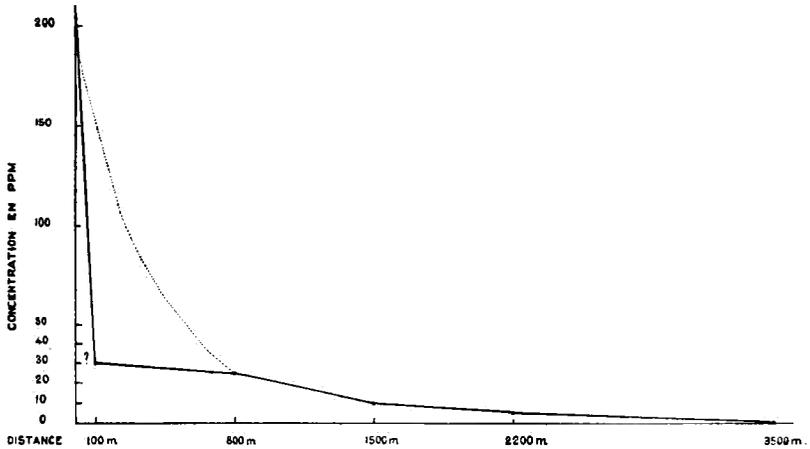


FIG. 5. — Concentrations maximales de PCP Na sur le parcours du ruisseau Kaponona.

subit des pertes énormes sur une courte distance. Dans la *fig. 5*, qui présente les concentrations maximales enregistrées à différents moments dans les stations d'observation, nous pouvons noter :

- A 100 m : 30 ppm : (dosage seulement effectué 15 heures après le passage de la concentration de 200 ppm) ;
 A 800 m : 25 ppm ;
 A 1 500 m : 10 ppm ;
 A 2 200 m : 5 ppm ;
 A 3 500 m : 1 ppm.

D'où il ressort que de quantités fort importantes de molluscicide sont retenues le long du parcours. Cette constatation nous a amenés à examiner la teneur en PCP Na du substrat. Ainsi nous avons prélevé dans les 6 stations le substrat superficiel du ruisseau sur une surface d'environ 200 cm². La bouteille de 100 ml à large goulot, contient à peu près 50 cm³ de substrat et 50 ml d'eau. La boue est bien agitée dans la bouteille. L'eau surnageant s'éclaircit après 24 heures et permet facilement le dosage en PCP Na.

De cette façon nous obtenons les concentrations exprimées dans le *tableau 5*.

Tableau 5. — *Rétention du PCP Na dans les substrats du ruisseau Kaponona.*

Distance sur le parcours	Nature du substrat	Après la fin du traitement		
		5 ^e j	6 ^e j	8 ^e j
A 100 m	boue	3,50 ppm	1,5 ppm	lég. traces
A 800 m	boue	2,00 ppm	0,5 ppm	lég. traces
A 1 500 m	boue	0,75 ppm	traces	néant
A 2 200 m	fin gravier	traces	néant	»
A 3 500 m	gros gravier	néant	»	»

Ces dosages démontrent que dans le ruisseau Kaponona un dépôt important de PCP Na couvre le lit et les rives sur une distance de plus de 1 500 m, où le molluscicide subsiste jusque 6 jours après la fin de l'application. L'importance de ces dépôts varie d'après la concentration utilisée ; plus cette concentration est élevée, plus l'adsorption du molluscicide par la boue (DOBROVOLNY et HASKINS, 1953) devient grande. Le produit absorbé

ne peut cependant exercer qu'une activité très restreinte et localisée dans le substrat même : ainsi le 5^e jour après la fin du traitement, les dosages de l'eau ne recèlent plus de traces de molluscicide (*Tableau 4*), tandis qu'à ce même moment la boue en renferme encore de quantités fort appréciables jusque 1 500 m (*Tableau 5*).

6. Dispersion théorique du PCP Na.

Le débit des ruisseaux Kapumpi et Kaponona augmente régulièrement vers l'aval ; ainsi le molluscicide, déversé dans le courant à un endroit déterminé, devient de plus en plus dilué et les dosages de sa concentration ne donnent pas une idée exacte des possibilités réelles de dispersion de ce molluscicide.

A ce propos, nous avons réajusté dans le Kapumpi (le traitement inégal dans le Kaponona interdit ces comparaisons) toutes les concentrations de PCP Na en tenant compte de l'augmentation du débit. Le *Tableau 6* montre ces possibilités théoriques de dispersion du molluscicide dans le ruisseau Kapumpi, à débit constant.

Tableau 6. — *Dispersion théorique de la concentration initiale de 5 ppm dans le ruisseau Kapumpi si le débit reste constant.*

Distance	Débit l/s	Durée de l'application			
		24 heures		48 heures	
		ppm	%	ppm	%
A 0 m	47 l	5,00	100	5,00	100
A 100 m	55 l	5,00	100	5,00	100
A 500 m	60 l	4,45	89	5,75	95
A 1 600 m	63 l	2,25	45	3,00	60
A 2 000 m	70 l	1,50	30	2,25	45
A 2 800 m	82 l	1,30	26	1,75	35
A 5 200 m	140 l	0,75	15	1,50	30

Il ressort également de ce tableau :

— Que la concentration du molluscicide augmente partout dans le courant avec la prolongation du traitement ;

— Que dans les eaux rapides du ruisseau Kapumpi, le PCP Na

est capable de conserver une grande partie de sa substance sur de longues distances : encore 30 % à 5 200 m ;

— Que la plus forte baisse de la concentration a également lieu entre 500 et 1 600 m : de 95 à 60 %. Entre ces distances le Kapumpi reçoit les eaux du nettoyage des filtres de la Station d'épuration d'eau. Cette pollution (augmentation des teneurs en Na Cl, SO₄ et matières organiques) serait-elle à l'origine de cette diminution ?

7. CONCLUSIONS.

Le PCP Na est un produit relativement stable, qui n'est pas facilement détruit par les composés organiques. C'est grâce à ces qualités que dans les eaux courantes il sait conserver et transporter une grande partie de sa substance sur des distances assez longues. Le comportement du molluscicide n'est cependant pas identique dans les eaux à courant rapide et dans celles à écoulement lent.

Dans les eaux à allure vive (*Kapumpi*), l'effet résiduel du molluscicide est fort réduit au milieu du courant, où le lit est le plus souvent composé d'un gravier assez grossier et n'est pas capable, par le remous de l'eau, d'en retenir des quantités appréciables. Ce n'est que près des rives et dans les endroits où le courant est ralenti, que l'adsorption du produit par les colloïdes de la boue est la plus prononcée.

Les pertes en molluscicide par adsorption sont donc relativement peu importantes, ce qui permet au courant de conserver une grande partie de la concentration et de la transporter assez loin. L'adsorption du molluscicide n'est même pas constante durant toute la durée de l'application (*Fig. 3*). Une certaine saturation du substrat se manifeste après les premiers 48 heures de traitement et cause dans le courant une hausse générale de la concentration en molluscicide. Dans les eaux à courant rapide il y a donc intérêt, aussi bien au point de vue pratique qu'économique, d'augmenter l'efficacité du traitement par une prolongation au delà de 24 heures du temps d'application. Dans le cas du ruisseau Kapumpi, la durée de traitement de 72 heures nous paraît bien réussie : à la distance de 5 200 m l'eau contient encore 10 % de la substance utilisée, mais si le débit

d'eau n'avait pas augmenté, la concentration aurait pu s'élever jusque 30 % (*Tabl. 6*).

Quant aux taux de concentration à appliquer, plusieurs auteurs (PERLOWOGORA-SZUMLEWICZ et DIAS, 1955 ; JOVE, 1956 ; KLOCK et autres, 1957 ; PAULINI, 1958) estiment que dans les eaux courantes les faibles concentrations de 5 à 15 ppm, appliquées durant un temps assez long, sont les plus efficaces et aussi les moins onéreuses. Dans le chapitre « Les effets molluscicides » nous examinerons en détail les résultats de notre type de traitement.

Dans les eaux à écoulement lent (*Kaponona*), la dispersion du molluscicide ne se fait pas de la même façon que dans le ruisseau Kapumpi. Le molluscicide emporté par une eau fort lente, est adsorbé au fur et à mesure par tous les substrats rencontrés : lit, rives, plantes aquatiques, etc. et la rétention du produit augmente avec la stagnation de l'eau. La boue argileuse ou humique, qui constitue le plus souvent le substrat de ces ruisseaux est capable d'adsorber une grande quantité de la substance. Ainsi plus la concentration en molluscicide sera forte, plus l'adsorption du produit par la boue sera importante. La stagnation de l'eau favorise également la destruction du PCP Na par l'action des rayons solaires (DOBROVOLNY et HASKINS, 1953 ; MEYLING et autres, 1959).

Un écoulement lent et un substrat boueux présentent donc de graves inconvénients pour un traitement au PCP Na : une forte réduction de la concentration appliquée, une dispersion limitée et une consommation plus importante en molluscicide. Par contre l'adsorption du produit par la boue a l'avantage de rendre le substrat toxique pour les mollusques durant plusieurs jours après la fin de l'application, « à condition que le PCP Na reste actif à l'état adsorbé ».

Dans le ruisseau Kaponona l'écoulement de la concentration de 200 ppm, seulement appliquée durant 1 heure, peut facilement être suivi le long du cours d'eau (*Fig. 4*) Elle s'affaiblit, très vite : 25 ppm à 800 m, 10 ppm à 1 500, 5 ppm à 2 200 m et seulement 1 ppm à 3 400 m. Mais il faut noter que ces concentrations ont été favorablement soutenues par la continuation du traitement avec une solution à 4,3 ppm durant 40 heures remplaçant au fur et à mesure une partie du molluscicide,

retenue dans les boues, et favorisant ainsi la dispersion du produit.

De cette façon nous obtenons dans le ruisseau Kaponona une concentration théoriquement assez toxique jusqu'à une distance de 2 200 m : 1^{er} jour : 2,5 ppm, 2^e jour : 5 ppm ; 3^e jour : 2 ppm. Mais à 3 500 m, la présence de molluscicide est fort discrète (max. 1 ppm durant le 2^e jour de l'application). Nous examinerons plus loin des effets molluscicides de ces différentes concentrations dans le ruisseau Kaponona.

IV. — LES EFFETS MOLLUSCICIDES

Dans la nature, il n'est pas facile d'exprimer les résultats d'une opération molluscicide en pourcentages de mortalité. Le succès de l'application est plutôt évalué d'après le nombre de mollusques survivants et selon la période durant laquelle le milieu aquatique traité reste à peu près indemne de mollusques transmetteurs. Telle estimation n'est possible que si l'on possède, au préalable, tous les renseignements nécessaires sur l'infestation malacologique du cours d'eau à traiter : les différentes espèces, la densité de population et ses variations saisonnières, etc. Depuis quelques années déjà nous connaissons ces divers aspects de la faune malacologique dans les ruisseaux Kapumpi et Kaponona. Sur leur parcours plusieurs gîtes sont régulièrement prospectés chaque mois par les mêmes récolteurs durant exactement 15 minutes (LIÉTAR, 1956). Après l'application du PCP Na dans ces ruisseaux, les récoltes ont continué comme auparavant, ce qui nous permet une comparaison valable entre la densité malacologique après le traitement et celle qui aurait pu normalement infester ces cours d'eau à la même époque de l'année.

A cet effet, nous avons choisi les récoltes de l'année 1956 ; les récoltes pendant les premiers mois des années 1956 et 1958 sont assez semblables et nous pouvons donc supposer une évolution saisonnière à peu près identique durant ces 2 années.

Comme nous connaissons également pour chaque gîte les concentrations en PCP Na et la durée de leur présence, il nous est donc possible d'évaluer à leur juste valeur les effets molluscicides des différentes concentrations de PCP Na sur les parcours traités.

A. EFFETS MOLLUSCICIDES DANS LE RUISSEAU KAPUMPI.

La partie traitée de ce ruisseau comporte 4 gîtes de prospection, dont la situation vis-à-vis de l'endroit de l'application du molluscicide est la suivante :

Le 1^{er} : à 100 m en aval ;

Le 2^e : à 2 500 m en aval ;

Le 3^e : à 4 000 m en aval ;

Le 4^e : à 5 200 m en aval.

Il n'y a que 2 espèces de mollusques qui peuplent ce cours d'eau : *Biomphalaria pfeifferi* et *Lymnaea natalensis undussumae* (SCHWETZ, 1953). Chaque espèce infeste le ruisseau à peu près dans la même mesure mais, comme c'est le cas dans la région, à ce début de la saison sèche, la réinfestation des Lymnées est plus précoce que celle des Planorbidés (LIÉTAR, 1956).

Tableau 7 — *Récoltes mensuelles dans le Kapumui pendant les années 1956 et 1958.*

	N° 1 (à 100 m)			N° 2 (à 2 800 m)			N° 3 (à 4 000 m)			N° 4 (à 5 200 m)		
	<i>Biomph.</i>	<i>Lymn.</i>	Total	<i>Biomph.</i>	<i>Lymn.</i>	Total	<i>Biomph.</i>	<i>Lymn.</i>	Total	<i>Biomph.</i>	<i>Lymn.</i>	Total
1956												
Janvier	16	31	47	10	20	30	9	49	58	52	8	60
Février	30	7	37	14	10	24	4	11	15	15	22	37
Mars	5	16	21	8	2	10	27	51	78	19	14	33
Avril	16	29	45	54	25	79	47	24	71	32	6	38
Mai	5	52	57	13	34	47	18	105	123	12	131	143
Juin	24	209	233	32	150	182	52	165	217	17	125	142
Juillet	239	206	445	127	342	469	185	252	437	123	258	381
Août	385	162	547	413	191	604	156	295	451	225	154	379
Septembre	204	178	382	423	225	648	92	261	353	208	146	354
Octobre	210	220	430	315	195	510	50	80	130	168	150	318
Novembre												
Décembre	290	102	392	411	240	651	117	162	279	26	120	146
1958												
Janvier	8	22	30	9	10	19	15	40	55	3	24	27
Février	39	17	56	15	9	24	7	4	11	14	5	19
Mars	2	35	37	7	11	18	14	28	42	11	19	30
Avril	11	97	108	7	28	35	8	35	43	4	24	28
Mai	190	35	225	5	28	33	10	25	35	3	23	26
PCP Na												
Juin	—	70	70	—	—	—	—	2	2	—	5	5
Juillet	125	89	214	—	—	—	—	3	3	—	4	4
Août	213	242	455	—	57	57	—	13	13	—	97	97
Septembre	305	240	545	—	33	33	—	31	31	—	29	29
Octobre	339	270	609	—	9	9	-38	160	198	35	360	395
Novembre	340	164	504	10	25	35	162	170	332	310	95	405
Décembre	200	207	407	18	9	27	97	76	173	121	21	142

Le *Tableau 7* donne les résultats des récoltes mensuelles dans les 4 gîtes pendant les années 1956 et 1958. Ce tableau nous permet de remarquer en premier lieu que dans le gîte n° 1 l'action du PCP Na n'a eu qu'un effet très passager sur la population malacologique. Ce gîte se trouve cependant le plus proche (à 100 m) de l'endroit de l'application et a été soumis à la plus grande concentration réalisée : 5 ppm pendant 72 heures.

Mais il faut noter que ce gîte nous a servi de témoin. En effet, à cette hauteur le ruisseau est longé par un drain, dont les eaux se déversent au fur et à mesure dans le courant par l'intermédiaire de plusieurs petites tranchées. Tous ces canalicules en bordure du ruisseau sont peuplés de nombreux mollusques, *Biomphalaria* et *Lymnées*, qui envahissent rapidement le ruisseau une fois la saison des pluies terminée. Lors du traitement du Kapumpi, nous n'avons pas attaqué cette importante colonie de mollusques afin de connaître le rôle réel que telles collections d'eau pourraient jouer dans la réinfestation d'un cours d'eau traité. Nous en remarquons les conséquences néfastes dans les récoltes après le traitement : envahissement immédiat du milieu traité (d'abord *Lymnaea*, puis *Biomphalaria*) et une infestation saisonnière qui n'est certainement pas moins nombreuse que celles des années précédentes.

Dans le ruisseau Kapumpi, ce seront donc les 3 gîtes situés plus en aval qui devront nous renseigner sur le succès de l'application.

LES EFFETS MOLLUSCIDES DANS LES GÎTES N^{OS} 2, 3 et 4.

1. *Indice général de mortalité.*

La *fig. 6* compare en graphique, pour l'ensemble des gîtes n^{OS} 2, 3, 4, les récoltes mensuelles globales des *Biomphalaria* et des *Lymnées* pendant les années 1956 et 1958. Leur comparaison permet d'évaluer approximativement la mortalité causée par le traitement au PCP Na.

Il en résulte :

- le 1^{er} mois après le traitement : 95% de mortalité
- le 2^e mois après le traitement : 95% de mortalité
- le 3^e mois après le traitement : 85% de mortalité
- le 4^e mois après le traitement : 90% de mortalité
- à partir du 5^e mois l'action molluscicide ne laisse plus de traces.

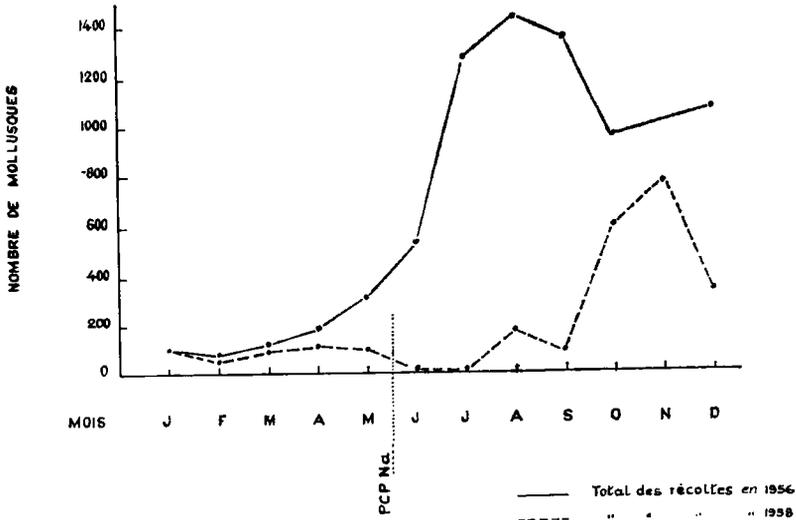


FIG. 6. — Comparaison entre les récoltes mensuelles de 1956 et de 1958 pour l'ensemble des gîtes nos 2-3 et 4 du ruisseau Kapumpi.

2. Les effets molluscicides par espèce.

— Sur *Biomphalaria pfeifferi*:

Laisseé hors considération le gîte n° 1 pour des raisons mentionnées plus haut, les effets destructifs du PCP Na sont fort encourageants. Cette espèce reste absente durant 4 mois dans les gîtes nos 2, 3 et 4, c'est-à-dire sur une distance de 5 200 m.

A 2 800 m (gîte n° 3) la disparition se prolonge jusque 5 mois et *Biomphalaria pfeifferi* y demeure assez rare jusqu'à la fin de l'année. Plus en aval (4 000 et 5 200 m) la réinfestation est déjà assez importante au mois de novembre.

— Sur *Lymnaea natalensis*:

A part quelques rares individus récoltés dans les gîtes nos 3 et 4, cette espèce ne disparaît que pendant les 2 premiers mois après l'application. Un faible repeuplement s'installe à partir du mois d'août ; mais il est déjà fort abondant en octobre.

Conclusions :

Dans les eaux rapides du ruisseau Kapumpi, le traitement

au PCP Na (5 ppm durant 72 heures) se montre donc efficace sur une distance de 2 800 m, où la concentration de la substance active ne dépasse cependant pas 1 ppm. Entre 2 800 et 5 200 m, où la concentration maxima est de 0,5 ppm, l'efficacité du traitement se limite à 4 mois pour *Biomphalaria* et seulement à 2 mois pour les Lymnées.

Le début de la saison des pluies en novembre met fin à la marche normale du repeuplement et les récoltes ultérieures présentent donc peu d'intérêt pour l'expérimentation.

L'action du PCP Na n'est pas identique sur *Biomphalaria pfeifferi* et *L. natalensis*; cette dernière espèce semble beaucoup moins sensible à la toxicité du molluscicide. La fig. 7 compare, pour ces 2 espèces, les densités mensuelles de population en 1956 et en 1958. Une plus grande résistance de *L. natalensis* au PCP Na est évidente.

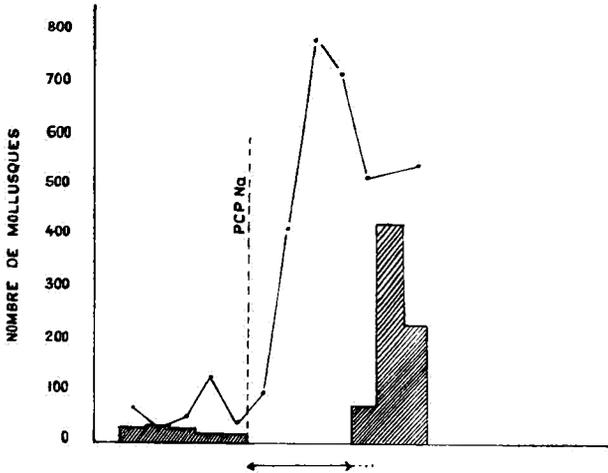
3. La destruction des œufs.

La résistance des œufs au molluscicide est souvent considérée comme la raison principale de la réinfestation malacologique. Dans ce cas, le repeuplement se distingue par la présence de nombreux jeunes mollusques dans les récoltes les 2 à 3 premiers mois après le traitement. A ce sujet, les récoltes dans l'ensemble des gîtes n^{os} 2, 3 et 4 du ruisseau Kapumpi, après l'application du PCP Na, permettent de donner les précisions exprimées dans le Tableau 8.

Tableau 8.

Récoltes	<i>Biomphalaria pf.</i>			<i>Lymnaea natal.</i>		
	Nombre total	jeunes		Nombre total	jeunes	
		nombre	%		nombre	%
Juin 1958	—	—	—	7	—	—
Juillet	—	—	—	7	—	—
Août	—	—	—	167	47	28
Septembre	—	—	—	93	12	13
Octobre	73	3	4	529	30	6
Novembre	482	55	11	290	32	11
Décembre	235	21	9	106	29	27

1 SUR *B. PFEIFFERI*



2 SUR *L. NATALENSIS*

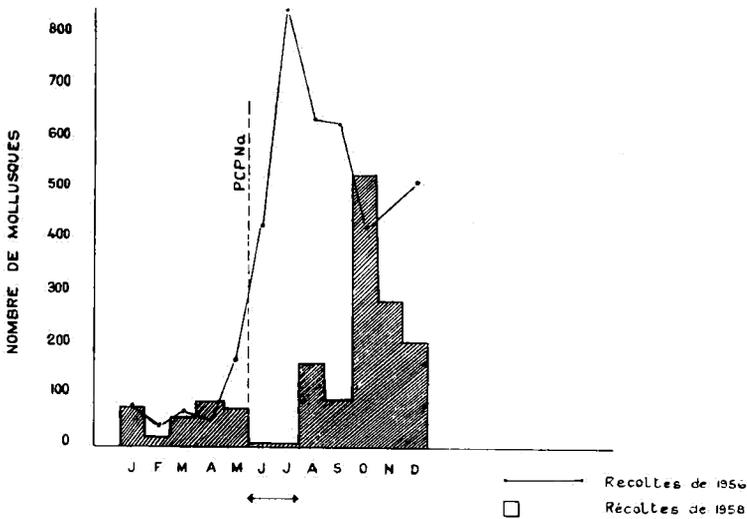


FIG. 7. — Effets molluscicides du PCP Na dans le ruisseau Kapumpi sur une distance de 5 200 m.

Malgré que les Lymnées ne disparaissent jamais complètement du ruisseau, le pourcentage élevé (28 %) de jeunes individus récoltés au mois d'août suggère nettement qu'un certain nombre d'œufs (ou de tout jeunes mollusques ?) a pu résister ou échapper à la toxicité du molluscicide. Avec l'aide de quelques rescapés adultes, une réinfestation massive du ruisseau se réalise rapidement pendant les mois restants de la saison sèche.

La réapparition de *Biomphalaria* ne se manifeste qu'au 5^e mois après le traitement et se caractérise par un pourcentage peu élevé de jeunes mollusques. Il est évident que son repeuplement ne peut être attribué à la conservation des pontes, mais plutôt à quelques survivants étant à l'abri du molluscicide lors de son application.

B. LES EFFETS MOLLUSCICIDES DANS LE RUISSEAU KAPONONA.

Sur le parcours traité se trouvent 5 gîtes régulièrement prospectés :

- Le 1^{er} : à 1 500 m en aval ;
- Le 2^e : à 1 800 m en aval ;
- Le 3^e : à 2 200 m en aval ;
- Le 4^e : à 3 400 m en aval ;
- Le 5^e : à 3 700 m en aval.

3 espèces de mollusques peuplent principalement le ruisseau : *Biomphalaria pfeifferi*, *Bulinus (Physopsis) africanus* et *Lymnaea natalensis undussumae* (SCHWETZ, 1953).

Ces mollusques infestent le ruisseau sur toute sa longueur, avec prédominance locale soit de l'une, soit de l'autre espèce. Dans les gîtes n^{os} 4 et 5, une 4^e espèce, *Cleopatra sp.*, en provenance de la rivière Buluo, a fait récemment son apparition. Le *Tableau 9* donne les résultats des récoltes mensuelles dans ces gîtes pendant les années 1956 et 1958. Nous pouvons y constater :

1. Jusqu'à une distance de 2 200 m (gîtes n^{os} 2, 1, et 3) les effets destructifs du PCP Na sur *Biomphalaria pfeifferi* et *Bulinus africanus* sont excellents. Il ne reste plus que quelques rares individus jusque 6 mois après le traitement ; la mortalité causée parmi ces espèces atteint presque 100 %.

Dans ces mêmes gîtes, les Lymnées ne disparaissent que pendant 2 mois. Leur repeuplement est rapide et, au mois de novembre, leur population est supérieure à celle de 1956. Il est à noter que la concentration minimum de PCP Na, agissant dans ce tronçon, est de 2 ppm durant environ 70 heures.

2. Dans les gîtes n^{os} 4 et 5 (3 400 et 3 700 m), l'action du molluscicide se montre sans aucune efficacité sur les mollusques présents. La concentration n'y dépassait pas 1 ppm durant 24 heures, tandis que les dosages de l'eau ne révèlent que quelques traces de PCP Na pendant 2 autres jours.

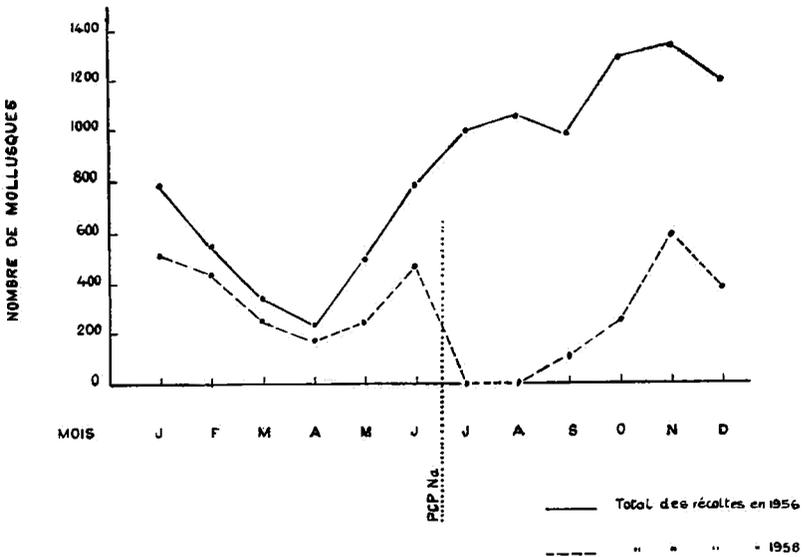


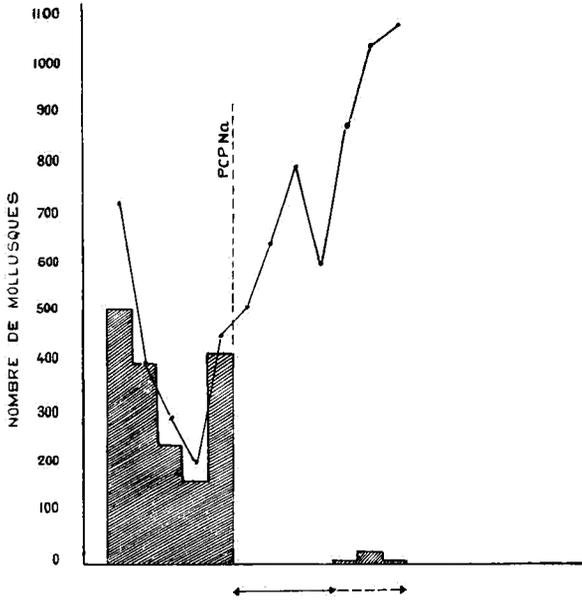
FIG. 8. — Comparaison entre les récoltes mensuelles de 1956 et de 1958 pour l'ensemble des gîtes n^{os} 1-2 et 3 du ruisseau Kaponona.

La fig. 8 présente en graphique les récoltes mensuelles totales des gîtes n^{os} 1, 2 et 3 pour 1956 et 1958. Comme les mollusques récoltés après l'application de PCP Na sont presque exclusivement des Lymnées (Fig. 9), les effets du traitement peuvent être résumés comme suit :

a) Sur une distance de 2 200 m :

Presque 100 % de mortalité chez *Biomphalaria* et *Bulinus* durant une période de 6 mois ;

1 SUR LES PLANORBIDÉS (*B. Pfeifferi* et *B. africanus*)



2 SUR *LYMNAEA NATALENSIS*

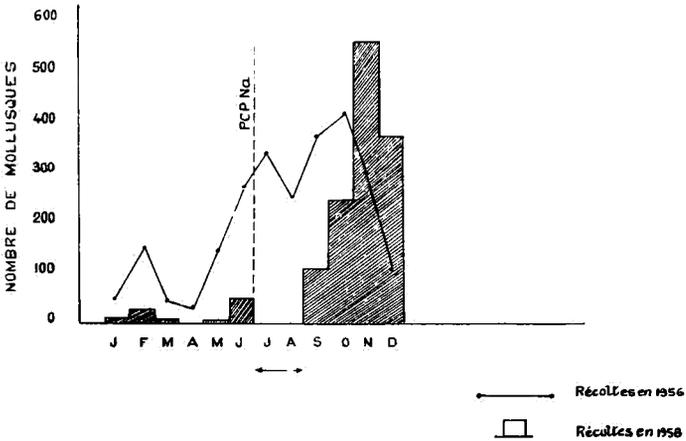


FIG. 9. — Effets molluscicides du PCP Na dans le ruisseau Kaponona sur une distance de 2 200 m.

Presque 100 % de mortalité chez *Lymnaea* durant les 2 premiers mois, 35 % au 3^e mois et 15 % au 4^e mois après le traitement.

b) Au-delà de 2 200 m : le traitement se montre inefficace.

c) Les Planorbides (*B. pfeifferi* et *B. africanus*) sont beaucoup plus vulnérables à l'action du PCP Na que *Lymnaea natalensis*, qui se montre assez résistant (*Fig. 9*).

Oeufs de Lymnaea natalensis.

Dans ce ruisseau aussi, nous avons voulu savoir si les œufs des Lymnées sont capables d'échapper à la toxicité du PCP Na et de jouer un rôle dans la réinfestation rapide du ruisseau. Dans les récoltes mensuelles après le traitement, les jeunes Lymnées sont représentés comme suit :

<i>Lymnaea natalensis</i>	Récolte totale	jeunes	
		nombre	%
Juillet 1958	—	—	—
Août	—	—	—
Septembre	105	21	20
Octobre	246	64	25
Novembre	560	61	11
Décembre	374	42	11

Comme c'est le cas dans le ruisseau Kapumpi, ici également la conservation d'une partie des pontes est responsable du repeuplement rapide : plus de 20 % de jeunes mollusques dans les récoltes 3 à 4 mois après le traitement.

CONCLUSIONS.

1. *Les effets molluscicides sur les Planorbidés.*

Dans les eaux bien rapides du ruisseau Kapumpi, l'application du PCP Na a une concentration initiale de 5 ppm pendant 72 heures à des effets molluscicides très satisfaisants sur *Biomphalaria* et ses œufs. Jusqu'à une distance de 2 800 m, où la concentration du produit atteignait encore 1 ppm, ces mollusques

disparaissent pendant une période de 5 mois et leur présence reste très limitée ultérieurement. Entre 2 800 m et 5 200 m où la concentration variait entre 0,75 et 0,5 ppm pendant 72 heures, *Biomphalaria* disparaît durant 4 mois ; plus tard, sa réinfestation devient vite abondante. Le repeuplement n'est certainement pas dû à une concentration trop peu toxique pour cette espèce et ses œufs, mais il est probablement causé par quelques individus vivant hors d'atteinte du molluscicide lors du traitement. Dans de telles conditions, une plus forte concentration n'aurait également pas empêché la réinfestation dans ce tronçon (cfr. gîte n° 1).

Le type du traitement appliqué dans le ruisseau Kapumpi se montre très efficace contre *Biomphalaria* et ses œufs sur une distance de 5 200 m. Le type de traitement n'est pas coûteux en produits molluscicides et ne nécessite qu'une main-d'œuvre très restreinte.

Dans les eaux du ruisseau Kaponona, à cours lent et obstrué d'herbes aquatiques sur d'importants tronçons, la destruction de *Biomphalaria pfeifferi* et *Bulinus africanus* est presque totale sur une distance de 2 200 m, où les concentrations en PCP Na s'élevaient encore à 2,5 5 et 2 ppm, chacune pendant 24 heures. Cette disparition des Planorbidés se maintient durant 6 mois et pendant toute la saison suivante, des pluies leur population reste fort limitée. A la distance de 3 500 m cependant la concentration en molluscicide ne dépasse pas 1 ppm, durant maximum 24 heures, et les effets destructifs sur la population malacologique y sont pratiquement nuls. Dans ce type de ruisseau, l'adsorption du PCP Na par les colloïdes de la boue réduit fortement la concentration utilisée et limite sa dispersion et nous pouvons conclure avec KLOCK et autres (1957) que les distances sur lesquelles ce molluscicide est efficace sont en raison directe du temps d'application, mais en raison inverse avec la quantité d'eau stagnante rencontrée sur le parcours.

2. La résistance des Lymnées et de leurs œufs.

Il ressort des deux expérimentations que la destruction de *Lymnaca natalensis* est plus difficile à réaliser que celle des Planorbidés. Après le traitement, la disparition des Lymnées

n'excède pas 2 mois et leur réinfestation est rapide et nombreuse (*Fig. 7 et 9*). Non seulement un certain nombre d'adultes mais aussi une partie des œufs sont capables d'échapper à la toxicité temporaire du milieu aquatique. Cette survivance se constate, non seulement dans les eaux où la concentration en PCP Na était faible (Kapumpi), mais également là où elle était assez élevée (Kaponona); et aussi bien dans les eaux calmes que dans les eaux rapides. A quoi faudrait-il attribuer cette résistance au PCP Na ?

Les pontes des Lymnées sont généralement déposées près de la surface de l'eau; souvent elles sont simplement aspergées par le mouvement du courant (LIÉTAR, 1956). Les Lymnées, jeunes ou adultes, préfèrent généralement les couches bien aérées à la surface du courant; souvent ils émergent de l'eau et se trouvent en grand nombre sur les nappes d'algues, les feuilles des plantes aquatiques, les galets humectés, etc. Il ne serait donc pas étonnant qu'une même particularité écologique, à savoir l'oxyphilie, permet d'échapper à la destruction une certaine partie de la population et des pontes. Ce qui n'est pas le cas pour les Planorbidés, qui vivent plus près du fond, et dont les pontes sont aussi déposées plus en profondeur (LIÉTAR, 1956) et, de ce fait, plus exposées à l'action du molluscicide. La décomposition photochimique du PCP Na par l'action directe des rayons solaires (DOBROVOLNY et HASINS, 1953; MEYLING et autres, 1959), qui pourrait se faire sentir en premier lieu dans la petite pellicule à la surface de l'eau, est peu probable dans les cours d'eau où cette pellicule est constamment renouvelée par le remous du courant.

Exploration du cours d'eau traité.

L'exploration préalable du cours d'eau à traiter est une condition indispensable au succès de l'opération. Toutes les collections d'eau, en contact direct ou indirect avec le courant, doivent être traitées énergiquement avant le début de l'application proprement dite; le gîte n° 1 du ruisseau Kapumpi est un exemple frappant et démontre clairement la réinfestation rapide et abondante d'un ruisseau traité, si en bordure quelques colonies de mollusques sont laissées intactes.

V. — OBSERVATIONS SUR LES RÉACTIONS PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES RUISSEAUX TRAITÉS

Dans les eaux douces, le milieu aquatique est relativement stable. L'adjonction dans le courant d'un produit toxique, tel que le pentachlorophénate de soude, doit détruire rapidement l'équilibre biologique des biotopes en y provoquant en même temps certaines modifications des composés chimiques.

Avant l'application du molluscicide, nous avons tâché de déterminer le mieux possible les facteurs abiotiques et biotiques des deux ruisseaux à traiter. Dans les diverses stations d'observation, le degré de la concentration en molluscicide et sa durée d'activité sont connus. La continuation des mêmes analyses pendant et après le traitement devrait forcément nous révéler tous les changements intervenus dans les caractères physiques et chimiques des milieux traités, les effets destructifs sur la faune et la flore des différents climax, ainsi que l'évolution des biotopes vers leur équilibre biologique normal.

A. LES RÉACTIONS PHYSICO-CHIMIQUES.

1. *Les réactions physiques.*

Le seul changement affectant les conditions physiques du milieu aquatique que l'on constate dans le ruisseau Kapumpi est la disparition, après le traitement, des nombreuses plaques d'algues filamenteuses.

« La lumière, avec le réchauffement, est, dans l'habitat des mollusques, un corollaire de l'insolation » (DESCHIENS, 1957).

Mais dans ce ruisseau, à courant rapide et à dépit suffisamment élevé, cette plus grande exposition à la lumière solaire n'a pro-

blement qu'une conséquence très minime sur le réchauffement de l'eau.

Dans le ruisseau Kaponona, les algues étaient trop peu développées pour influencer l'insolation du milieu aquatique, tandis que les plantes aquatiques émergées ont résisté à l'action du molluscicide. Après le traitement, les 2 cours d'eau ont un aspect bien propre et leur eau est aussi limpide qu'auparavant.

2. Les réactions chimiques.

a) Type d'eau.

Dans le ruisseau Kapumpi.

D'après la représentation graphique et la classification rationnelle en types d'eau naturelle de KUFFERATH, les eaux du ruisseau Kapumpi appartiennent au type hexaïonique, à forte tendance calci-magnésique carbonatée, avec des faibles teneurs en alcalis, chlorures et sulfates.

La présence et l'activité du PCP Na, dans des concentrations inférieures à 5 ppm durant 72 heures, n'affectent nullement les particularités de ce type d'eau, aussi bien pendant qu'après l'application du molluscicide (*Tableau 10*). Les concentrations des principaux constituants chimiques se montrent peu variables de sorte que la représentation graphique du type d'eau reste la même qu'avant le traitement.

Dans le ruisseau Kaponona.

Dans les 5 premières stations de ce ruisseau, le type d'eau est fort semblable à celui du ruisseau Kapumpi, c'est-à-dire à prédominance calci-magnésique carbonatée (*Fig. 2*). Pendant et après l'application du molluscicide, l'on constate une disparition complète des sulfates ainsi que plusieurs changements dans les concentrations de Ca et de Mg (*Tableau 11*). Dans les stations 3, 4, et 5, l'eau devient de ce fait pentaïonique, comme c'est le cas en amont dans les stations 1 et 2. Mais à cause de la faiblesse des teneurs en sulfates, la représentation graphique de ces eaux reste pratiquement inchangée. Dans le groupe des cations, où les alcalis sont stables, les différentes variations dans les concentrations de Ca et de Mg ne sont pas assez importantes

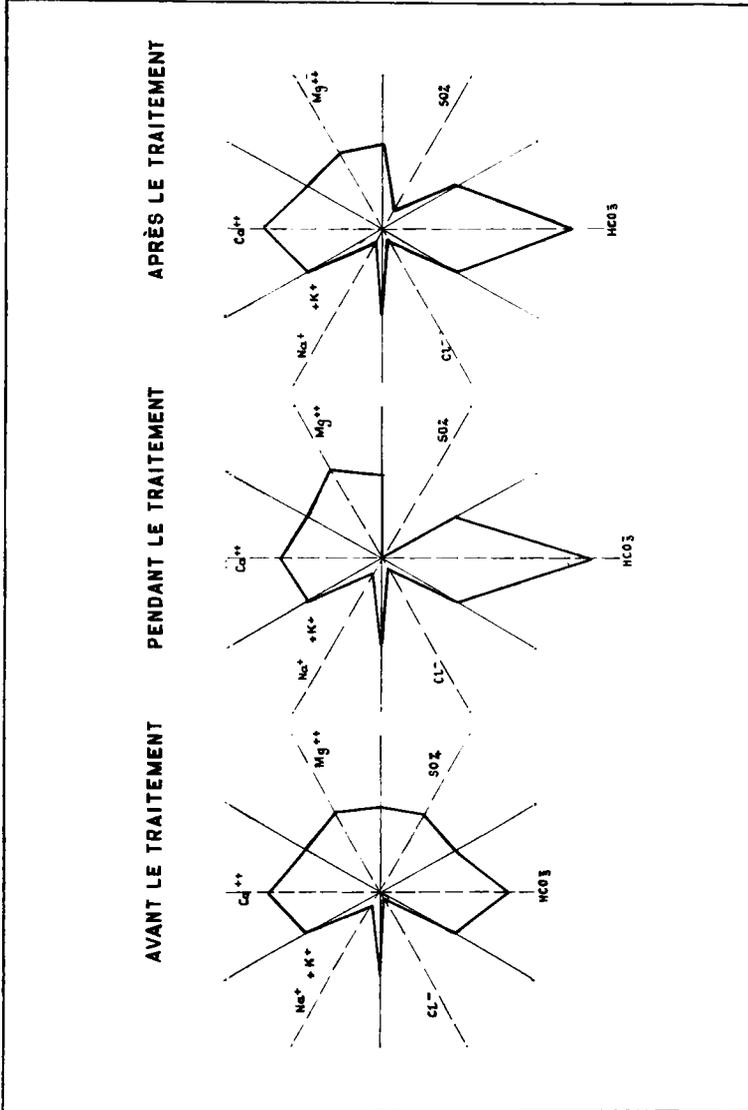


FIG. 10. — Représentation graphique, selon KUFFERATH, de l'eau du ruisseau Kaponona à la station n° 6.

Tableau 10. — Pourcentages des principaux éléments chimiques dans les eaux du Kapumpi, pour l'établissement de la représentation graphique de KUFFERATH.

Stations	N° 1			N° 2			N° 3		
	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h
	Cations — Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ + K ⁺	49% 43 8	45,0% 47,0 8,0	45,5% 46,5 8,0	48,5% 44,5 7,0	41,0% 52,0 7,0	51,5% 40,0 8,5	47,5% 45,5 7,0	38% 53 9
Anions — HCO ₃ ⁻ Cl ⁻ SO ₄ ⁻	95 2 3	95,5 2,0 2,5	93,5 2,0 4,5	85,0 2,0 3,0	93,5 3,5 3,0	94,0 2,0 4,0	96,0 2,0 2,0	95 3 2	95,0 1,0 4,0
Stations	N° 4			N° 5			N° 6		
	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h
	Cations — Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ Na ⁺ + K ⁺	41,0% 50,0 9,0	44,5% 47,0 8,5	37,5% 53,5 9,0	40,5% 50,5 9,0	41,5% 49,5 9,0	27,5% 63,0 9,5	44,0% 47,5 8,5	35,5% 55,5 9,0
Anions — HCO ₃ ⁻ Cl ⁻ SO ₄ ⁻	77,5 4,5 18,0	83,0 4,0 13,0	79,5 3,5 17,0	86,0 4,5 9,5	85,0 6,0 9,0	82,0 5,0 13,0	81,5 4,5 14,0	86,5 4,0 9,5	83,0 3,5 13,5

Tableau 11. — Pourcentages des principaux éléments chimiques dans les eaux du ruisseau Kaponona, pour l'établissement de la représentation graphique de KUFFERATH.

Stations	N° 1			N° 2			N° 3		
	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h	avant traitement	pendant traitement 48 h	après traitement 120 h
Cations — Ca ⁺⁺	46,5%	43,5%	41,0%	43%	43,0%	33,5%	47,0%	62,0%	43,5%
Mg ⁺⁺	38,0	37,5	41,5	35	35,0	19,5	37,5	23,5	45,0
Na ⁺ + K ⁺	15,5	19,0	17,5	22	22,0	17,0	15,5	14,5	11,5
Anions — HCO ₃ ⁻	96,5	95,0	96,5	96	94,5	96,0	96,0	96,0	98,5
Cl ⁻	3,5	5,0	3,5	4	5,5	4,0	2,5	4,0	1,5
SO ₄ ⁻	—	—	—	—	—	—	1,5	—	—
Stations	N° 4			N° 5			N° 6		
Cations — Ca ⁺⁺	47,5	49	43,0	42,5	55,0	51,5	51,5	45,5	53,0
Mg ⁺⁺	42,0	41	49,0	47,5	36,5	40,5	42,0	47,0	40,5
Na ⁺ + K ⁺	10,5	10	8,0	10,0	8,5	8,0	6,5	7,5	6,5
Anions — HCO ₃ ⁻	95,0	99	99,5	98,5	98,0	99,5	57,5	91,5	87,0
Cl ⁻	0,5	1	0,5	0,5	2,0	0,5	2,0	5,5	4,0
SO ₄ ⁻	4,5	—	—	1,0	—	—	40,5	—	9,0

pour défigurer le type d'eau. Ceci n'est pas le cas dans la station 6, où l'eau est plutôt ahalitique, mais avec un pourcentage plus faible en alcalis et chlore (*Fig. 2*).

Parmi les anions, les sulfates interviennent pour 40,5 % et leur disparition totale pendant l'application du PCP Na fait ressortir un type d'eau tout à fait identique à celui d'en amont, c'est-à-dire pentaionique, à forte prédominance calci-magnésique carbonatée (*Fig. 8*). Après le traitement, les sulfates réapparaissent rapidement dans le courant (25 mg/l après 5 jours) et l'eau montre une tendance très nette à retourner à sa constitution primitive.

b. *Détails des réactions chimiques.*

La stabilité générale de nos types d'eau traités n'exclut cependant pas des variations assez importantes dans toute une série de facteurs chimiques pendant l'application du PCP Na.

On peut retrouver les résultats de toutes les analyses chimiques effectuées avant, pendant et après le traitement dans le *Tableau 12* pour le ruisseau Kapumpi et dans le *Tableau 13* pour le ruisseau Kaponoma. Les *fig. 11* et *12* présentent en graphique plusieurs de ces analyses à différents intervalles.

Pour la facilité des interprétations, nous avons établi le *Tableau 14*, qui résume les réactions chimiques constatées pendant et après le traitement dans ces 2 ruisseaux.

Pendant l'application l'on peut y remarquer :

1° Une augmentation des teneurs suivantes : matières organiques, H_2S et Cl ;

2° Une diminution légère de l' O_2 et des sulfates, qui disparaissent même complètement dans le ruisseau Kaponoma ;

3° Une stabilité du pH, HCO_3 , alcalinité, CO_2 , K, Na, et PO_4 ;

4° Des variations multiples dans les teneurs CaO et MgO ;

5° Une fois le traitement terminé les réactions se font généralement en sens inverse.

Nous croyons que l'augmentation des matières organiques est à l'origine de la plupart de ces variations chimiques. En effet, toutes les eaux naturelles contiennent des substances organiques

Tableau 12. — *Résultats des analyses chimiques
du ruisseau Kapumpi,
avant, pendant et après le traitement PCP Na.*

	Avant traitem.	Pendant traitem.		Après traitem.		
		24 h	48 h	24 h	120 h	288 h
pH						
Avant N° 1	7,35	7,35	7,30	7,30	7,30	7,30
A 100 m N° 2	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45	7,40
A 500 m N° 3	7,90	7,90	7,75	7,90	7,90	7,90
A 2000 m N° 4	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,15
A 2800 m N° 5	8,15	8,10	8,05	8,10	8,10	8,20
A 5200 m N° 6	8,10	8,00	8,05	8,05	7,95	8,10
Mat. organiques mg l						
N° 1	1,00	0,50	0,50	0,40	0,30	0,70
N° 2	1,30	8,90	3,70	1,10	0,40	0,60
N° 3	1,20	3,90	2,70	0,50	0,50	0,50
N° 4	1,70	1,70	2,50	0,80	0,80	0,90
N° 5	1,60	1,90	3,20	1,20	0,90	1,20
N° 6	1,30	1,60	2,20	1,00	0,90	0,60
O₂ mg/l						
N° 1	8,40		7,30		7,80	7,40
N° 2	8,80		7,60		6,60	7,50
N° 3	9,00		8,00		8,30	8,40
N° 4	9,40		8,90		9,80	10,40
N° 5	10,40		8,30		9,80	10,30
N° 6	8,70		8,60		8,60	9,10
CO₂ mg/l						
N° 1	19,40		19,60		21,20	21,60
N° 2	14,20		14,00		15,60	19,40
N° 3	5,20		5,40		6,00	7,40
N° 4	néant		néant		néant	néant
N° 5	»		»		»	»
N° 6	»		»		»	»
H₂S mg/l						
N° 1	0,05		0,06		0,05	0,06
N° 2	0,05		0,07		0,07	0,06
N° 3	0,05		0,07		0,12	0,06
N° 4	0,06		0,06		0,17	0,05
N° 5	0,06		0,11		0,19	0,05
N° 6	0,06		0,08		0,16	0,05

Tableau 12 (suite).

	Avant traitem.	Pendant traitem.		Après traitem.		
		24 h	48 h	24 h	120 h	288 h
<i>Alcalinité (cc/HCl)</i>						
Avant N° 1	5,20		5,24		5,22	5,02
A 100 m N° 2	5,26		5,06		5,20	4,94
A 500 m N° 3	4,85		4,92		4,92	4,78
A 2000 m N° 4	4,35		4,60		4,62	4,48
A 2800 m N° 5	4,62		4,66		4,58	4,49
A 5200 m N° 6	4,71		4,58		4,52	4,51
<i>Dureté totale (en ° Fr)</i>						
N° 1	26,70		26,80		26,20	26,10
N° 2	27,00		25,80		24,90	25,00
N° 3	27,00		24,40		23,60	24,20
N° 4	26,60		27,50		27,60	26,10
N° 5	28,50		27,70		29,20	24,90
N° 6	27,70		26,00		24,40	26,20
<i>CaO mg/l</i>						
N° 1	78,50		73,20		72,00	72,40
N° 2	79,30		63,50		77,00	66,60
N° 3	77,00		56,20		70,10	56,00
N° 4	66,20		75,40		63,60	66,60
N° 5	70,80		70,00		48,50	70,30
N° 6	74,30		56,00		40,30	70,00
<i>MgO mg/l</i>						
N° 1	51,00		55,00		53,30	52,80
N° 2	51,60		58,10		44,60	52,50
N° 3	53,20		57,60		44,60	57,00
N° 4	59,20		56,10		65,10	57,20
N° 5	63,80		61,00		82,50	49,30
N° 6	58,00		64,00		69,00	55,00
<i>Cl mg/l</i>						
N° 1	4,00		4,00		4,00	
N° 2	4,00		7,00		3,00	
N° 3	4,00		6,00		2,00	
N° 4	9,00		8,00		7,00	
N° 5	8,00		11,00		10,00	
N° 6	9,00		8,00		7,00	
<i>CO₃ mg/l</i>						
N°s 1-2-3-4-5-6	néant		néant		néant	

Tableau 12 (suite).

	Avant traitem.	Pendant traitem.		Après traitem.		
		24 h	48 h	24 h	120 h	288 h
HCO₃ mg/l						
Avant N° 1	330		310		320	
A 100 m N° 2	320		310		310	
A 500 m N° 3	290		300		310	
A 2000 m N° 4	250		280		290	
A 2800 m N° 5	250		280		280	
A 5200 m N° 6	240		280		290	
SO₄ mg/l						
N° 1	8		7		12	
N° 2	7		7		11	
N° 3	5		5		10	
N° 4	49		35		47	
N° 5	25		24		35	
N° 6	39		24		35	
PO₄ mg/l						
N°s 1-2-3-4-5-6	1		1		1	
Na mg/l						
N° 1	9		9		9	
N° 2	8		8		9	
N° 3	8		8		8	
N° 4	11		10		11	
N° 5	11		11		13	
N° 6	11		10		11	
K mg/l						
N°s 1-2-3-4-5-6	2		2		2	
Bact. coli.						
N° 2	79 %		240 %		130 %	34 %
N° 5	70 %		920 %		350 %	350 %

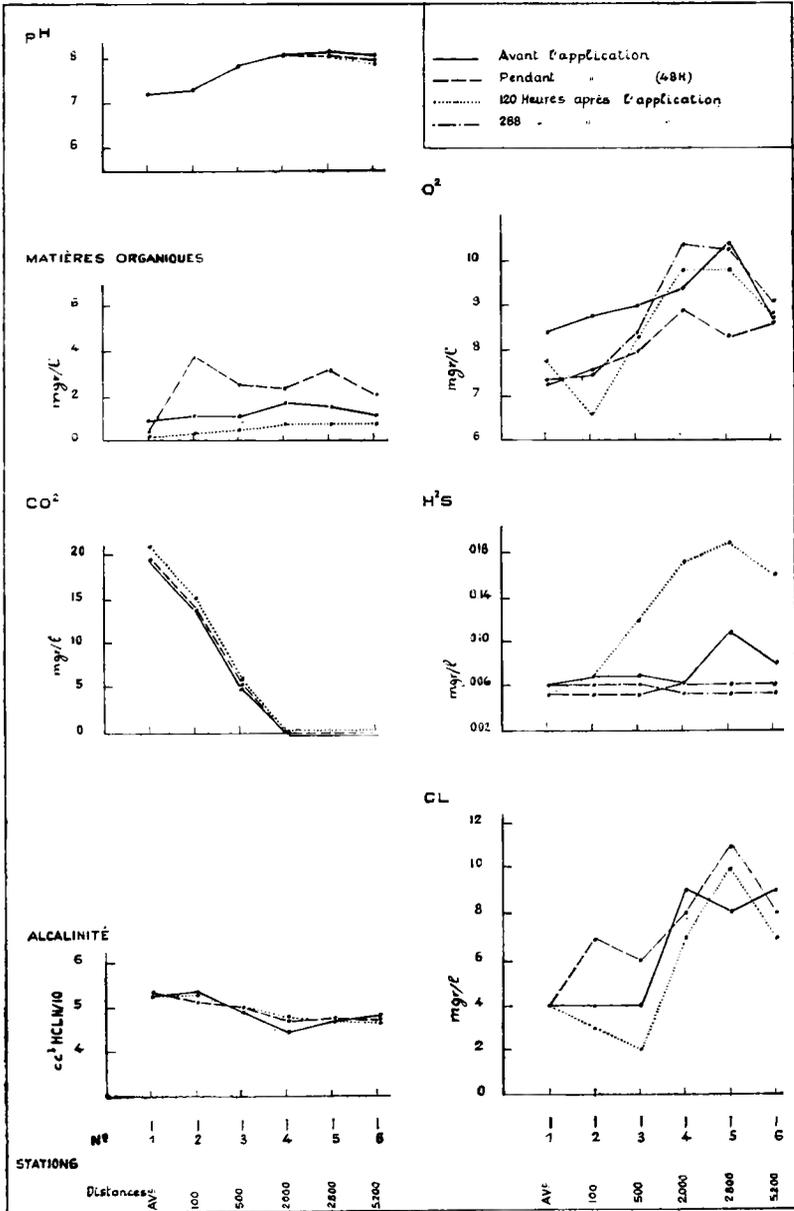


FIG. 11. — Les réactions chimiques dans le ruisseau Kapumpi, suite à l'application du PCP Na.

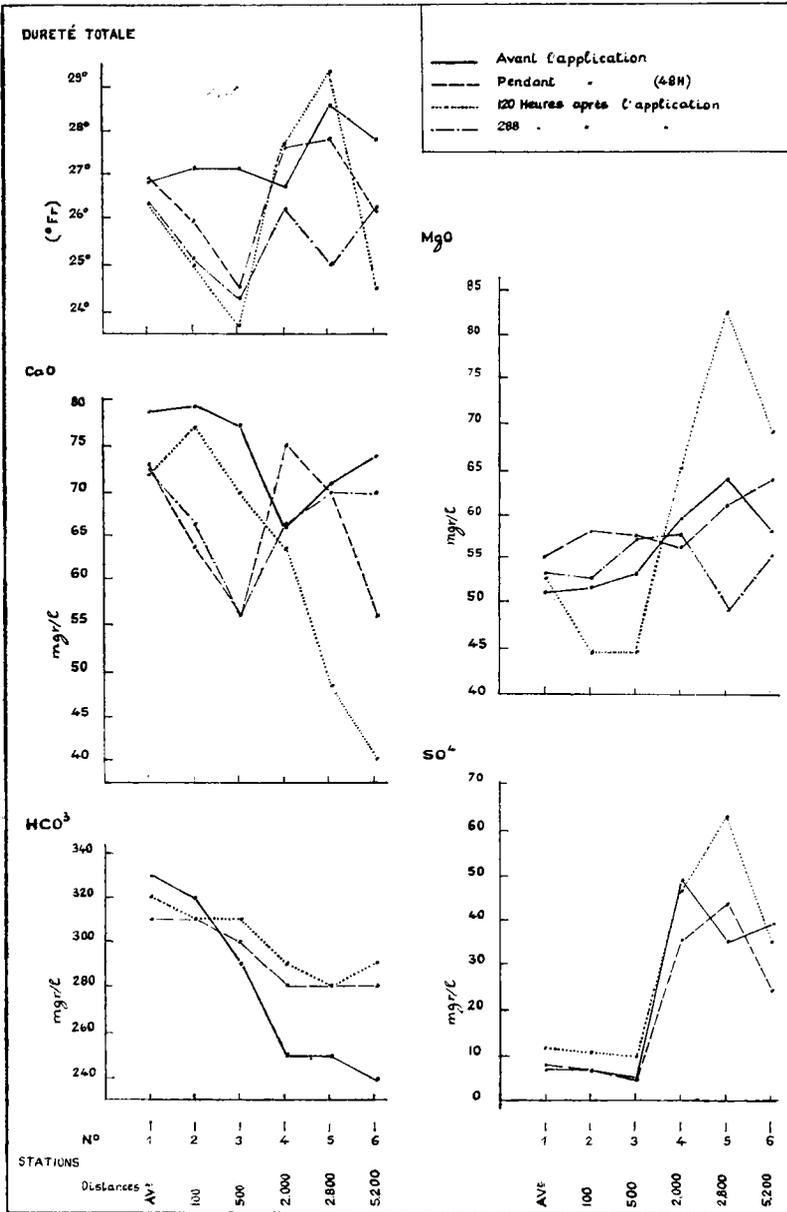


FIG. 11 (suite). — Les réactions chimiques dans le ruisseau Kapumpi, suite à l'application du PCP Na.

Tableau 13. — *Résultats des analyses chimiques des eaux du ruisseau Kaponona, avant, pendant et après le traitement au PCP Na.*

		Avant traitem.	Pendant traitem.	Après traitem.	
			48 h	120 h	480 h
pH					
Avant	N° 1	7,50	7,50	7,50	7,50
A 100 m	N° 2	6,90	6,90	6,75	6,40
A 800 m	N° 3	6,70	6,70	6,80	6,70
A 1 500 m	N° 4	7,15	7,15	7,25	7,25
A 2 200 m	N° 5	7,50	7,50	7,55	7,60
A 3 500 m	N° 6	7,30	7,30	7,45	7,45
Mat. organiques mg/l					
	N° 1	1,40	2,40	2,50	2,60
	N° 2	1,90	11,10	2,50	2,40
	N° 3	2,50	10,00	2,90	1,60
	N° 4	1,00	4,80	1,50	1,00
	N° 5	1,00	3,60	2,20	1,60
	N° 6	0,50	0,80	0,40	0,40
O₂ mg/l					
	N° 1	8,00	8,20	8,20	10,20
	N° 2	7,50	6,00	5,40	6,40
	N° 3	3,00	2,70	2,60	2,70
	N° 4	4,70	3,30	4,20	4,40
	N° 5	7,30	6,80	7,00	9,00
	N° 6	6,20	5,20	6,70	6,80
CO₂ mg/l					
	N° 1	9,20	8,20	8,00	néant
	N° 2	17,60	17,20	22,80	13,40
	N° 3	26,60	27,80	28,20	34,40
	N° 4	18,80	24,40	20,00	18,80
	N° 5	5,60	9,60	9,60	7,60
	N° 6	15,60	19,20	15,60	20,80
H₂S mg/l					
	N° 1	0,09	0,10	0,10	0,08
	N° 2	0,11	0,13	0,12	0,07
	N° 3	0,13	0,14	0,12	0,09
	N° 4	0,14	0,14	0,15	0,09
	N° 5	0,11	0,15	0,14	0,09
	N° 6	0,12	0,10	0,10	0,08

Tableau 13 (suite).

		Avant traitem.	Pendant traitem.	Après traitem.	
			48 h	120 h.	480 h
<i>Alcalinité</i> (cc/HCl/N 10)					
Avant	N° 1	3,40cc	2,32cc	2,48cc	3,20cc
A 100 m	N° 2	2,17	2,13	2,11	1,44
A 800 m	N° 3	2,30	3,53	4,32	4,08
A 1 500 m	N° 4	4,61	4,96	4,88	4,91
A 2 200 m	N° 5	4,53	4,90	4,83	4,88
A 3 500 m	N° 6	5,02	5,03	5,08	5,10
<i>Dureté totale</i> (en ° Fr)					
	N° 1	13,30	10,70	13,20	13,90
	N° 2	9,10	9,50	12,30	6,10
	N° 3	10,40	16,50	20,10	19,70
	N° 4	18,70	23,70	22,40	18,30
	N° 5	16,90	22,90	22,40	18,20
	N° 6	27,10	26,80	26,70	27,80
CaO mg/l					
	N° 1	51,20	32,40	36,60	41,70
	N° 2	27,20	28,50	28,20	13,30
	N° 3	32,50	67,30	54,60	59,40
	N° 4	53,90	53,90	58,60	65,80
	N° 5	44,60	76,20	69,00	46,60
	N° 6	83,10	73,50	84,70	88,30
MgO mg/l					
	N° 1	24,70	19,80	26,60	25,80
	N° 2	17,10	17,60	29,40	14,90
	N° 3	18,40	18,20	41,40	36,70
	N° 4	36,50	35,00	48,00	26,40
	N° 5	36,00	37,40	40,40	39,60
	N° 6	49,20	54,80	46,40	48,20
Cl mg/l					
	N° 1	4,00	4,00	3,00	
	N° 2	3,00	4,00	3,00	
	N° 3	2,00	5,00	2,00	
	N° 4	1,00	2,00	1,00	
	N° 5	1,00	3,00	1,00	
	N° 6	7,00	10,00	8,00	
CO ₂ mg/l					
	N° ^s 1-2-3-4-5-6	néant	néant	néant	

Tableau 13 (suite).

		Avant traitem.	Pendant traitem.	Après traitem.	
			48 h	120 h	480 h
HCO ₃ mg/l					
Avant	N° 1	150	160	160	
A 100 m	N° 2	140	140	130	
A 800 m	N° 3	250	250	270	
A 1500 m	N° 4	300	310	300	
A 2200 m	N° 5	290	310	300	
A 3500 m	N° 6	320	320	320	
SO ₄ mg/l					
	N° 1	néant	néant	néant	
	N° 2	néant	néant	néant	
	N° 3	22	néant	néant	
	N° 4	55	néant	néant	
	N° 5	22	néant	néant	
	N° 6	170	néant	25	
PO ₄ mg/l					
	N°s 1-2-3-4-5-6	1,00	1,00	1,00	
Na mg/l					
	N° 1	11,00	11,00	12,00	
	N° 2	11,00	11,00	11,00	
	N° 3	8,00	12,00	11,00	
	N° 4	10,00	9,00	8,00	
	N° 5	8,00	9,00	8,00	
	N° 6	8,00	9,00	8,00	
K mg/l					
	N° 1	2,00	2,00	2,00	
	N° 2	2,00	2,00	2,00	
	N° 3	1,00	2,00	2,00	
	N° 4	1,00	2,00	2,00	
	N° 5	1,00	2,00	2,00	
	N° 6	2,00	2,00	2,00	
Bact. Col.					
	N° 2	350%	+1.600%	+1.600%	
	N° 3	920%	+1.600%	—	
	N° 5	+1.600%	+1.600%	+1.600%	

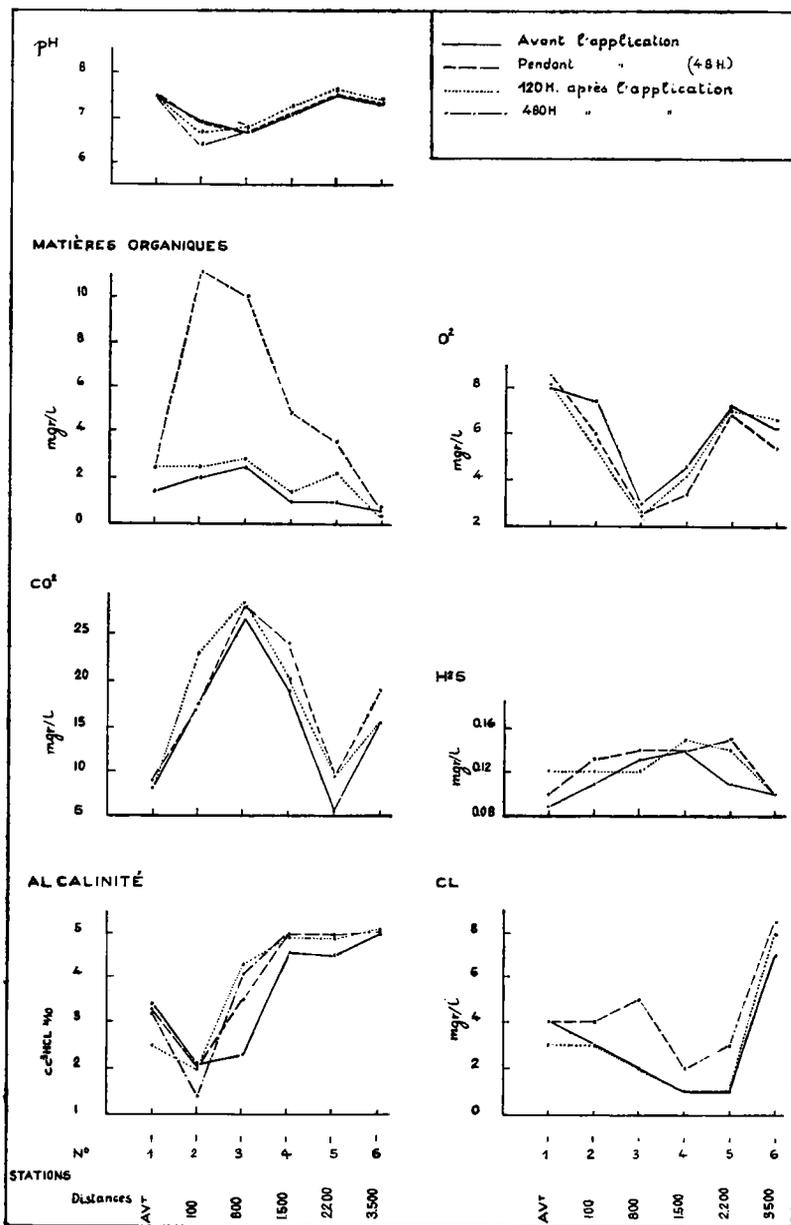


Fig. 12. — Kaponona traitement au PCP Na.

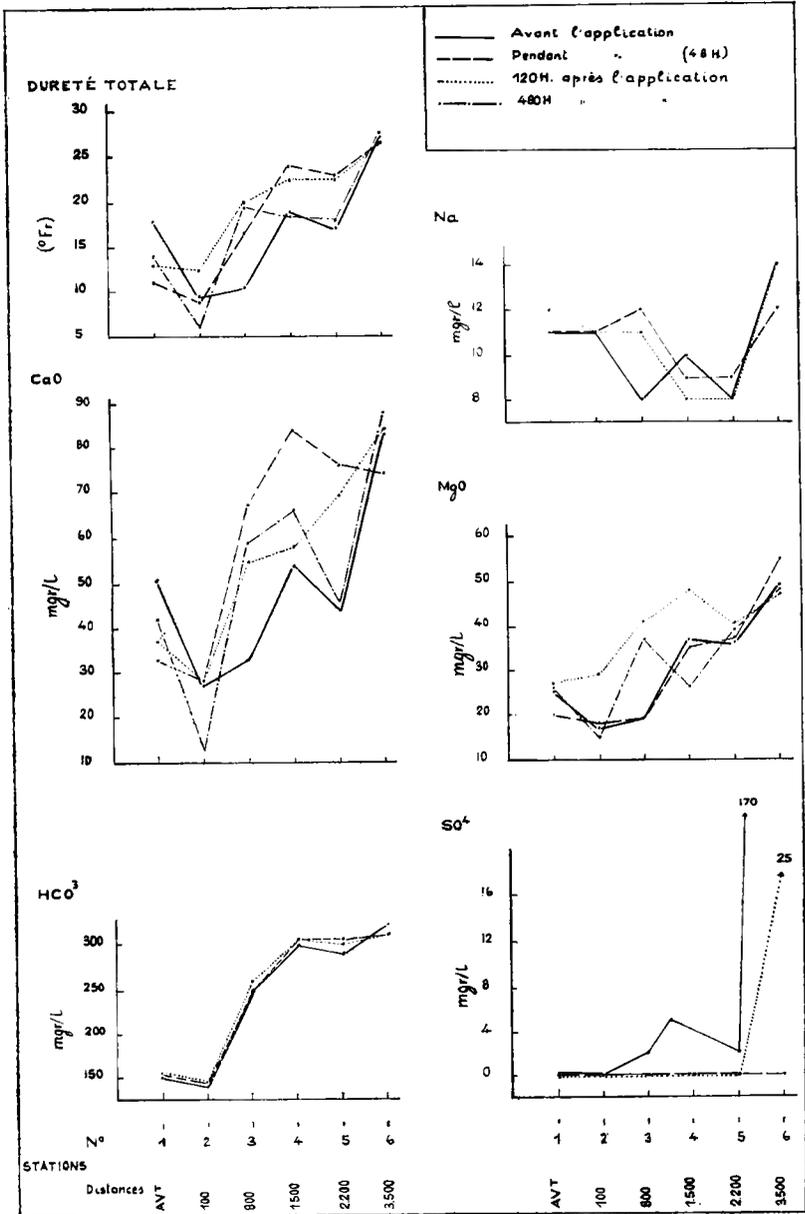


FIG. 12 (suite). — Kaponona traitement au PCP Na.

Tableau 14. — *Résumé des réactions chimiques dans les ruisseaux Kapumpi et Kaponona.*

	Kapumpi		Kaponona	
	pendant le traitement	après le traitement	pendant le traitement	après le traitement
Matières organ.	↗	↘	↗	↘
O ₂	→	→	↘	↗
H ₂ S	→	→	↗	↘
pH	→	→	→	→
SO ₄	↘	↗	↘	↗
Cl	↗	↘	↗	↘
HCO ₃	→	→	→	→
Alcalinité	→	→	→*	→
CO ₂	→	→	→	→
K	→	→	→	→
Na	→	→	→	→
PO ₄	→	→	→	→
Dureté totale	→	→ ↗	↗	→ ↘*
	→	↗ ↘		
CaO	→	↗ ↘	↗	→ ↘*
	→	↘ ↗		
MgO	→	↘ ↗	→	↗ ↘*
	→	↗ ↘		

* Excepté à la Station n° 3, où ces teneurs augmentent ou restent plus élevées.

aussi bien à l'état de colloïdes qu'à celui de particules en suspension. Elles trouvent leur origine dans le métabolisme des organismes végétaux et animaux qui produisent des déchets et dont les cadavres se décomposent. Le PCP Na détruit une très grande partie de la florule et faunule aquatiques et envoie aussi dans le courant une quantité énorme de substances organiques en suspension. L'augmentation de ces teneurs a une répercussion directe sur l'oxygénation de l'eau, qu'elle fait légèrement diminuer (Kaponona), saufs si le courant est très rapide (Kapumpi). En même temps qu'une hausse en matières organiques, il est aussi possible que le PCP Na a une action sélective sur les aérobies,

favorisant par là le développement de certains anaérobies, réducteur de sulfates. Ceux-ci se précipiteraient sous forme de gel pour se transformer après en sulfures.

L'augmentation des ions Chlore pendant le traitement serait plutôt causée par la présence dans l'eau de PCP Na, détruite par l'action de la lumière solaire (MEYLING et autres, 1959).

Ces changements chimiques nous semblent le plus essentiels et se retrouvent aussi bien dans le ruisseau Kapumpi, traité faiblement, que dans le ruisseau Kaponona, où la concentration en molluscicide était beaucoup plus forte. Le problème entier se montre fort complexe, car il fait intervenir en même temps des phénomènes chimiques et biologiques. Une fois l'application du molluscicide terminée, les matières organiques reviennent rapidement à leurs teneurs initiales (et même en dessous) et cette tendance s'observe également pour l'oxygène dissous, les chlorures, les sulfates et l'hydrogène sulfuré.

Dureté totale, CaO et MgO: Les réactions du CaO et MgO se montrent fort distinctes dans les 2 ruisseaux traités. Dans le Kapumpi, où nous tenons seulement compte des stations 2 et 3 qui ne sont pas constamment souillées par des eaux d'évacuation, le Ca diminue nettement pendant le traitement, tandis que le Mg présente une légère hausse. Dans le ruisseau Kaponona par contre (Stations 3, 4 et 5), l'augmentation des teneurs en Ca est bien marquée, mais le Mg reste stable.

Il se peut que dans les eaux calcareuses du Kapumpi le PCP Na se transforme plus facilement en sel de Ca peu soluble (PCP Ca?). MEYLING et autres (1959) constatent une précipitation de PCP Na plus forte dans les eaux dures (alcalinité : 550 ppm) que dans les eaux douces (alcalinité : 44 ppm). Ce phénomène pourrait expliquer la chute en CaO, constatée dans les stations 2 et 3 du Kapumpi, au cours du traitement. Après l'application du molluscicide, les réactions calci-magnésiques se montrent fort différentes et devraient plutôt être interprétées comme une recherche d'équilibre biologique des milieux traités. L'influence du PCP Na sur ces teneurs, et vice versa, est probablement aussi liée à un phénomène biologique, dont il est difficile de voir la nature. Il faudrait une étude beaucoup plus complète pour y voir clair.

B. LES RÉACTIONS BIOLOGIQUES.

R. DESCHIENS (1957) distingue dans l'habitat *sensu lato* :

1° Le biotope, qui est représenté par l'ensemble des caractères physico-chimiques du milieu, conçu comme un cadre capable de contenir des associations animales et végétales. Ses réactions ont été étudiées précédemment ;

2° Le climax, qui est l'ensemble des associations végétales et animales qui peuplent le milieu et qui agissent d'ailleurs sur le milieu lui-même, en le modifiant et en assurant le cycle naturel et l'équilibre biologique.

Dans les climats traités des ruisseaux Kapumpi et Kaponona, notre attention s'est surtout concentrée sur les petits organismes vivants, qui constituent le *plankton* et le *benthos*. Cette association zoophytique, variable selon la nature propre des différents gîtes, est capable de nous montrer le degré de perturbation biologique déclenchée dans les milieux traités.

Il nous semble peu indiqué de revenir en détail sur certains aspects destructifs que l'on constate souvent lors d'un traitement au PCP Na : forte mortalité parmi les poissons, crapauds, etc. Par contre, les plantes aquatiques supérieures (*Leersia*, *Polygonum*, *Echinochloa*, *Commelina*, etc.) semblent insensibles à la présence du molluscicide.

1. *Mode d'observation.*

Lors de chaque prospection, plusieurs échantillons furent prélevés à chaque station d'observation, pour autant que cela était faisable. Chaque échantillon d'une même station fut pris dans un des différents climax présents à cette station : gravier du fond, végétation au milieu du courant et sur les bords, dépôts à l'abri des galets, touffes d'algues flottantes dans le courant ou près des rives, boue des bords, parties immergées des hélrophytes, etc.

Vu le nombre imposant d'échantillons récoltés ainsi à chaque randonnée, il n'était pas possible de les examiner sur place à

l'état frais, ce qui eût évidemment été l'idéal. Les échantillons furent donc fixés au formol (4 ‰). Seuls les détails visibles à l'œil nu ou à la loupe de poche (gross. 8) furent notés sur place avant fixation.

A certaines occasions, un petit filet à phytoplankton fut mis à l'eau durant 10 minutes, un peu en amont de l'endroit où nous récoltions les échantillons benthoniques, afin de recueillir quelques données concernant les organismes et matières inertes charriés par le courant. Les organismes, pris ainsi au filet, sont désignés dans le texte par le terme *plankton*, sans préjudice du sens strict de ce mot. Au laboratoire, chaque échantillon fut homogénéisé soigneusement avant d'en faire une ou deux préparations microscopiques. Ces préparations, parcourues sur toute leur étendue sous faible grossissement (obj. 3, ocul. 8), furent ensuite examinées sous un grossissement plus fort (obj. 7, ocul. 8), afin de faire une identification plus précise des petits organismes. A chaque forme identifiée fut alors assigné un symbole de fréquence qui, dans les tableaux ci-après, exprime la moyenne des fréquences constatées dans les divers biotopes examinés à une même station. Les épibiontes furent récoltés en grattant le substrat (caillou, tige de plante, etc.) au scalpel.

Des essais répétés nous ont montré que les résultats ne diffèrent pas de façon importante lorsqu'on multiplie les préparations microscopiques prises dans un même échantillon, à condition que le matériel soit bien homogénéisé au moment du prélèvement.

L'abondance du matériel à examiner, le caractère préliminaire de cette étude et surtout notre manque de documentation systématique touchant la florule et faunule aquatiques katangaises, nous ont obligé à ne pas pousser la détermination des formes au-delà de l'appartenance générique. Le matériel est d'ailleurs en grande partie conservé en vue d'une étude systématique plus poussée.

2. Les réactions biologiques.

Les déterminations du plankton et benthos dans les différentes stations d'observations avant, pendant et après l'application du PCP Na, sont présentées systématiquement dans les *Tableaux 15* et *16* pour le ruisseau Kapumpi, et dans les *Tableaux 17* et *18* pour le ruisseau Kaponona.

Les symboles de fréquence utilisés dans ces tableaux seront expliqués de la façon suivante :

- = absent
- r = rare (1 à 3 individus par préparation)
- f = plus fréquent (4 à 10 indiv.)
- + = assez commun
- 1 = commun
- 2 = abondant
- 3 = très abondant
- D = algue dominante

Tableau 15. — *Détail du plankton dans le ruisseau Kapumpi.*

Stations N ^{os}	Avant le trait. 14.5.58					Pendant le trait. 21.5.58					Après le traitement												
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6					
CYANOPHYCÉES																							
<i>Anabaena</i>	f	r	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	r	-	-		
<i>Oscillatoria</i>	r	r	-	r	-	-	-	r	r	r	r	-	-	-	-	r	r	r	-	-	-		
<i>Spirulina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-		
CHLOROPHYCÉES																							
<i>Cladophora</i>	r	r	-	-	-	+	r	-	-	-	f	-	-	-	r	f	f	r	r	r	r	+ f	
<i>Oedogonium</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Myxonema</i>	f	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-		
<i>Vaucheria</i>	D	D	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	-	r		
<i>Scenedesmus</i>	2	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	f	r	-	-	-	r	-	r r	
DISMIDIÉES																							
<i>Closterium</i>	f	f	+	r	-	r	+	r	r	f	r	r	f	-	r*	f	r	-	r	f	+	r	f f
<i>Cosmarium</i>	f	+	+	+	-	f	1	r	r	1	r	+	+	-	r*	-	f	f	r	f	f	-	- f
<i>Penium</i>	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ZYGNEMACÉES																							
<i>Mougeotia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	f	r	r	-		
<i>Spirogyra</i>	f	-	r	r	r	+	f	r	-	-	f	-	-	-	-	-	r	-	-	f	r +		
<i>Zygonium</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

* Tués manifestement ou fort endommagés par le PCP Na.

Tableau 15 (suite).

Stations N ^{os}	Avant le trait. 14.5.58					Pendant le trait. 21.5.58					Après le traitement 28.5.58					28.7.58								
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
FLAGELLÉS																								
<i>Euglena</i>	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	f	-	r	-	-	-	-	-
<i>Gonium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leponcinclis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-
<i>Trachelomonas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
DIATOMÉES																								
<i>Amphora</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	+	-	-	+
<i>Cyclotella</i>	1	+	r	f	-	-	f	f	f	-	-	r	1	-	f*	r	-	r	-	f	+	-	f	+
<i>Cymatopleura</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i>	+	2	+	1	-	r	+	r	+	1	-	f	-	-	f*	+	r	-	r	-	-	-	2	-
<i>Gomphonema</i>	3	1	r	-	r	r	+	+	+	+	-	r	1	-	1*	1	f	+	-	f	r	-	f	f
<i>Navicula</i>	1	2	+	+	+	f	+	+	+	1	f	+	1	-	f*	2	f	+	-	+	f	r	f	+
<i>Nitzschia</i>	1	+	f	+	-	f	r	f	r	+	-	-	-	-	f*	+	r	f	-	-	-	r	f	-
<i>Pinnularia</i>	r	f	f	f	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-
<i>Pleurosigma</i>	r	-	-	r	-	f	r	-	-	f	-	-	-	-	-	r	f	r	-	-	-	-	-	-
<i>Synedra</i>	f	+	r	f	f	-	+	+	+	1	f	f	-	-	r	-	f	r	+	1	1	f	1	2
RHIZOPODES																								
<i>Amoeba</i>	-	r	-	-	r	f	r	r	r	-	-	-	r	-	-	-	r	-	-	-	r	-	-	r
<i>Arcella</i>	-	f	-	r	-	f	r	r	-	-	-	+	-	-	-	-	r	-	-	r	r	r	-	-
autres Testacés	r	f	-	r	-	-	r	r	r	-	-	-	-	-	-	r	-	-	r	-	-	-	-	-
CILIES																								
<i>Vorticella</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epistylis</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Coleps</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r
VERS																								
<i>Nais</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nematoda</i>	f	r	-	-	r	-	r	r	r	r	r	r	-	-	-	-	r	r	-	r	-	-	-	-
<i>Rotifera</i>	-	-	-	-	f	f	-	-	-	f	f	+	-	-	-	-	r	-	r	-	r	r	+	r
CRUSTACÉS																								
<i>Nauplii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-
<i>Harpacticidae</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INSECTES																								
<i>Chironomides</i>	r	r	-	-	f	f	-	r	r	r	r	f	-	-	-	-	r	-	-	-	-	r	-	-

* Tués manifestement ou fort endommagés par le PCP Na.

Tableau 16 (suite).

Stations Nos	Avant le trait. 14.5.58						Pendant le trait. 21.5.58						Après le traitement 3.6.58						28.5.58						28.7.58											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6						
ZYGNEMACÉES																																				
<i>Mougeotia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spirogyra</i>	f	r	-	D	D	-	-	D	-	f	-	-	r	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLAGELLÉS																																				
<i>Euglena</i>	f	r	-	r	r	-	f	r	r	-	r	-	f	-	r	-	f	f	f	r	-	f	-	-	f	r	-	f	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lepocinclis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phacus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIATOMÉES																																				
<i>Amphora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cylotella</i>	1	+	-	-	f	f	3	+	1	-	-	f	+ 3	1	-	r	r	+	-	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	f	+	-	-	-	f	
<i>Cymatopleura</i>	-	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cymbella</i>	+	-	-	-	f	1	-	-	1	r	f	+	+	f	-	f	+	f	r	f	-	-	-	f	r	f	-	-	-	-	f	r	r	-	1	
<i>Eptihemia</i>	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria</i>	+ 2	-	-	-	f	f	f	r	1	f	f	1	f	3	1	2	f	-	3	f	r	r	f	f	f	r	r	f	f	+	+	+	+	+	+	
<i>Gomphonema</i>	3	2	-	-	3	3	3	2	3	+	f	+	2	1	2	2	1	2	r	r	r	-	-	-	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Melosira</i>	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i>	1	2	-	-	3	3	1	+	3	+	f	2	2	3	-	2	+	2	3	2	3	2	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia</i>	1	f	-	-	+	1	f	+	1	+	-	+	+	+	+	1	+	f	f	r	r	f	r	r	f	r	r	f	r	r	-	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia</i>	r	f	-	-	-	-	-	f	f	f	-	-	f	f	f	+	f	-	f	f	f	f	r	r	f	r	r	f	r	r	-	-	-	-	-	-

Les changements que nous avons pu constater dans les échantillons planktoniques et benthoniques prélevés avant, pendant et après l'application du PCP Na peuvent *grosso modo* se résumer comme suit :

A. Dans le ruisseau Kapumpi.

1. Plankton.

Avant le traitement (14.5.58) :

Stations 1 à 4 : important volume de flocons jaunâtres (Diatomées) diminuant progressivement en volume vers l'aval.

Stations 5 et 6 : les flocons ont pratiquement disparu et fait place à une quantité modérée de détritrus amorphe, organique.

Pendant le traitement (12.5.58) :

Station 1 : comme ci-dessus.

Stations 2 à 5 : peu d'organismes, grande quantité de détritrus grisâtres.

Station 6 : beaucoup d'organismes (vivants ?).

Après le traitement :

7 jours (28.5.58) : dans toutes les stations (2 à 6) prépondérance de détritrus organique et minéral ; organismes très clairsemés.

2 mois (28.7.58) : Peu de seston à toutes ces stations.

2. Benthos.

Avant le traitement : Organismes nombreux et dans toutes les stations.

Pendant le traitement :

Station 1 : comme ci-dessus.

Station 2 : Toutes les cellules végétales plasmolysées.

Station 3 : *Spirogyra* aux chloroplastes enroulés de façon désordonnée ; parois cellulaires fortement épaissies.

Station 4 : *Cladophora* : les filaments prélevés à l'intérieur des épais chevelus semblent intacts ; ceux provenant de la périphérie fortement plasmolysés.

Station 5 et 6 : *Chironomides* morts. Forte plasmolyse chez les Diatomées.

Après le traitement :

Après 7 jours (28.5.58) :

Station 1 : normal.

Station 2 : Diatomées, Euglènes et petites larves de *Chironomides* vivantes.

Stations 3 à 6 : Beaucoup de formes vivantes : *Chironomides Nauplii* et *Cyclops*, Desmidiées Tubellaires, Zygnémacées ; ces dernières se trouvent en conjugaison et forment des spores.

Toutefois, à la Station 5, des *Chironomides* morts et mourants se sont trouvés dans des touffes d'algues au milieu du courant.

Après 12 jours (3.6.58) :

Tous les organismes paraissent bien vivants. Conjugaisons et spores très nombreuses chez *Spirogyra* ; oogonies chez *Oedogonium*.

Beaucoup de Diatomées, surtout les *Navicula*, semblent avoir les chloroplastes hypertrophiés.

Après 2 mois (28.7.58) :

Tout paraît normal, à part l'apparition d'un nombre considérable de *Cosmarium* anormaux. C'est seulement une des 3 ou 4 espèces de *Cosmarium* présentes qui est sujette à cette anomalie. L'espèce en question présente un contour semblable à *C. botrytis*. L'anomalie consiste dans la présence, entre les deux hémisomates, d'une partie impaire grossièrement quadrangulaire, dont les dimensions peuvent dépasser celles d'un hémisomate. Ainsi le *Cosmarium* ne se compose plus de 2 hémisomates, mais de 3 parties : un quadrilatère central portant les hémisomates à deux de ses côtés opposés. Chez un ou deux exemplaires, le quadrilatère lui-même avait ses côtés libres entaillés de façon à former une ébauche d'isthme.

Chez les *Navicula*, les exemplaires à chloroplaste hypertrophié sont beaucoup moins nombreux que dans les échantillons du 3.6.58.

B. Dans le ruisseau Kaponona.

1. *Plankton* : (Filet à plankton).

Avant le traitement (5.6.58) :

Dans toutes les stations : un fin détritrus, dont la quantité augmente dans les stations 5 et 6.

Pendant le traitement (11.6.58) :

Rien de spécial à signaler.

Après le traitement :

Au 21.6.58 : Stations 2 à 6 : seston beaucoup plus volumineux que dans la station 1, consistant surtout en détritits organique.

Au 3.7.58 : Seston très semblable à celui du 21.6.58.

A la station 1, son volume a fort augmenté et est également constitué de détritits (début de la dessiccation et mort des organismes en amont ?).

Au 9.7.58 : Quantité de détritits sérieusement diminuée.

Au 29.7.58 : Peu d'organismes, quantité modérée de détritits brun, excepté à la station 4 où le volume de seston est minime mais contient beaucoup de Rotifères.

Au 1.9.58 : Peu d'organismes dans les stations 3,4,5 et 6.

Le faible débit et l'écoulement lent de ce ruisseau rendent plus difficile le prélèvement du plankton au filet. Il est donc très plausible que la quantité d'organismes récoltés soit beaucoup moins importante que dans le ruisseau Kapumpi.

2. *Benthos* :

Rien de particulier à remarquer. Allure générale comme celle du ruisseau Kapumpi ; au 1.9.58 : Conjugaisons de *Spirogyra*.

3. *Conclusions*.

Dans les différents climax, l'activité du PCP Na détruit ou endommage une grande partie de l'association zoophytique. Ainsi le seston, pendant et quelque temps après le traitement, est-il constitué d'un fin détritits organique.

Au point de vue quantitatif, ce sont surtout les Chlorophycées (*Cladophora*, *Vaucheria*, *Schizomezris*) et les Zygnémacées (*Spirogyra*) qui subissent la plus forte destruction. Leur disparition est cependant loin d'être complète et, une fois le traitement terminé, ces algues se multiplient à une allure extrêmement rapide de sorte qu'à peu près un mois après la fin de l'application elles ont pratiquement atteint leur développement antérieur (Kapumpi). Parmi les Chlorophycées, seule *Vaucheria*

semble plus lente à se remettre, tandis que *Scenedesmus* et *Cladophora* s'éclipsent provisoirement durant quelques jours. Parmi les Desmidiées, une espèce de *Cosmarium* (*C. botrytis*) développe un aspect anormal 2 mois après le traitement.

Une assez forte mortalité s'observe chez les *Chironomides* qui, charriés par le courant, sont souvent récoltés dans les touffes d'algues au milieu du courant. Une certaine partie des larves (ou œufs) résiste cependant au traitement, car le 5^e jour après la fin de l'application, on les trouve assez nombreuses sur tout le parcours traité ; ce sont les tout jeunes individus qui prédominent à ce moment. Les autres organismes présents (Diatomées, Cyanophycées, Flagellés, Rhizopodes, Ciliés, Vers, Crustacés, Insectes) sont soit endommagés soit détruits par le molluscicide. Une grande partie cependant se montre suffisamment résistante et, une fois le traitement terminé, rétablit rapidement l'équilibre biologique du climax dans ses normes antérieures (Kapumpi). Dans le tronçon traité du ruisseau Kaponona, qui n'est pas suffisamment alimenté en eau fraîche par l'amont, le rétablissement biologique est beaucoup plus lent.

VI. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Dans la lutte prophylactique contre les bilharzioses humaines, la destruction périodique des hôtes transmetteurs par des composés chimiques reste le moyen le plus efficace et le plus pratique. Certes, jusqu'à présent, il n'existe pas encore un molluscicide capable d'une extermination totale des mollusques dans les eaux naturelles. Parmi les produits molluscicides actuels, le pentachlorophénate de soude possède cependant de nombreuses qualités, mais son emploi n'est pas toujours très efficace.

Il ressort de la présente étude que dans les eaux courantes, la réussite d'un traitement ne dépend pas seulement de la connaissance de certaines conditions biologiques et écologiques des mollusques vecteurs, mais aussi et surtout de l'utilisation la plus rationnelle du molluscicide même.

Pour être efficace, l'application doit avoir une durée suffisamment longue. Dans le ruisseau Kapumpi surtout, nous constatons que la concentration en PCP Na augmente généralement le long du parcours avec la prolongation du traitement au-delà de 24 heures. Un temps d'application de 72 heures donne des effets molluscicides encourageants, même à des concentrations inférieures à 1 ppm.

L'exploration préalable du cours d'eau à traiter est une nécessité primordiale pour le succès de l'opération. Les collections d'eau en bordure du ruisseau, les petits affluents, etc. sont souvent des refuges de choix pour les mollusques pendant la saison des pluies. Avant le traitement proprement dit, il est absolument nécessaire de détruire complètement ces quelques colonies, point de départ de la future réinfestation malacologique (cfr Kapumpi, gîte 1).

En principe, la concentration appliquée doit être faible et calculée selon la nature des ruisseaux à traiter. Dans les eaux rapides, où le substrat est généralement composé de galets, d'un gravier grossier, etc., l'évacuation du produit se fait sans

pertes excessives et parcourt de longues distances (plus de 5 000 m dans le Kapumpi). Dans tels ruisseaux, la concentration initiale peut être inférieure à 10 ppm. Dans les eaux à écoulement lent et souvent même stagnantes, l'adsorption du PCP Na par les colloïdes de la boue, ainsi qu'une certaine décomposition photochimique du produit par les rayons solaires, affaiblissent fortement la concentration appliquée et freignent sérieusement la dispersion du produit. Dans tels ruisseaux, il y a intérêt à augmenter légèrement la concentration initiale (p. e. jusque 10 ppm), mais il faut en premier lieu multiplier les stations de traitement le long du parcours et les placer à des distances plus rapprochées (maximum 1 500 à 2 000 mètres).

Dans les mêmes biotopes une espèce de mollusques est plus susceptible à la toxicité du PCP Na que l'autre. Ainsi dans les 2 ruisseaux traités, les Planorbidés (*P. pfeifferi* et *B. africanus*) restent absents ou fort rares pendant les premiers 4 à 6 mois après le traitement sur une distance de 2 200 m (Kaponona) à 5 200 m (Kapumpi). Par contre, nulle part l'absence de *Lymnaea natalensis* n'excède les 2 mois et sa réapparition se caractérise par un repeuplement très rapide et abondant. Il est très probable que des propriétés physiologiques (e. e. l'oxyphilie) procurent à cette espèce une certaine protection, lorsque l'habitat aquatique se trouve momentanément intoxiqué. Cette constatation peut avoir son intérêt dans la destruction des Lymnées, transmetteurs des Distomatoses du bétail.

Dans la région de Jadotville, la saison sèche et la saison des pluies totalisent chacune environ 6 mois. Le nombre de mollusques vecteurs et leur infection bilharzienne sont principalement importants en saison sèche. Une destruction par le PCP Na, pratiquée au début de la saison sèche et capable de rarifier dans les cours d'eau les hôtes vecteurs, peut-être considérée comme une mesure suffisamment protectrice contre la contamination bilharzienne pendant une année entière. Le danger d'infection se limitera à un minimum et une seule opération par an n'est certainement pas coûteuse.

Les réactions chimiques, déclenchées dans les divers biotopes par l'activité du PCP Na, sont peu fortes et toujours temporaires. Pendant et après l'application du molluscicide, le type d'eau, d'après la méthode de KUFFERATH, conserve son aspect pri-

maire : eau hexaïonique, à fortes tendance calci-magnésique carbonatée, avec des faibles teneurs en alcalis, chlorures et sulfates. Une seule exception se constate dans la station 6 du ruisseau Kaponona, où l'eau est exceptionnellement riche en sulfates ; une faible présence de PCP Na y fait disparaître complètement ces sulfates et le type d'eau prend alors toutes les particularités de l'eau en amont. Cette disparition n'est que temporaire et les sulfates se réintègrent rapidement dans l'eau, une fois le traitement terminé. Comme dans ce tronçon du Kaponona (de 3 400 à 3 700 m), les effets molluscicides sont pratiquement nuls, l'on pourrait se demander si l'efficacité du PCP Na ne dépendrait pas en grande partie du type chimique de l'eau. Sulfates, calcium et magnesium montrent des réactions assez confuses en présence de PCP Na. Ce problème chimique est fort complexe, surtout que des phénomènes biologiques peuvent intervenir en même temps.

En ce qui concerne les variations biologiques dans les climax traités, le fait le plus marquant est la destruction massive des algues vertes. Celles-ci repoussent cependant rapidement, surtout dans le ruisseau Kapumpi où l'eau est bien alcaline et aérée, et la minéralisation assez prononcée. Mais les échantillons planktoniques et benthoniques ne révèlent que peu de changements importants dans la composition des associations zoophytiques, avant, pendant et après le traitement.

BIBLIOGRAPHIE

- DESCHIENS, R. : *Annal. Inst. Pasteur*, 1957, 92,6 ; 92,7.
- DOBROVOLNY, C. et HASKINS, W. : *Science*, 1953, 117, 501.
- HASKINS, W. : *Analytical Chemistry*, 1951, 23, 11.
- JOVE, J.-A. : *Bull. O.M.S.*, 1956, 14, 4.
- KLOCK, J. et alii : *Bull. O.M.S.*, 1957, 16, 6.
- KUFFERATH, J. : *Inst. roy. Sciences natur.*, XXVII, 43, 44 et 45.
- LIÉTAR, J. : *Ann. Soc. belg. Méd. trop.*, 1956, 36, 6bis.
- LIÉTAR, J. et PARENT, M. : *Rev. Méd.*, Liège, 1959, 14, 7.
- MEYLING, A.-H., MEYLING, J., SCHUTTE, C.-H. et PITCHFORD, R.-J. :
Transact. Roy. Soc. Trop. Med. and Hyg., 1959, 53, 6.
- O.M.S./Bilh. Conf. 63, Brazzaville, 28 décembre 1956.
- PARENT, M. et VERBRUGGEN, J. : *Ann. Soc. belg. Méd. trop.*, 1952, 32, 3.
- PAULINI, E. : *Bull. O.M.S.*, 1958, 18, 5-6.
- PERLOWOGORA-SIUMLEWICZ, A. et DIAS, G. : *Rev. Bras. Malar.*, 1955,
3, 389.
- SCHWETZ, J. : *Ann. Soc. belg. Méd. trop.*, 1953, 33, 1.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
SAMENVATTING	5
SUMMARY	7
INTRODUCTION	9
I. <i>Généralités</i>	11
A. Méthode d'observation	11
B. Méthodes utilisées dans les analyses chimiques	12
C. Données géographiques et climatiques	13
II. <i>Les conditions physico-chimiques et biologiques des ruisseaux avant l'application du PCP Na</i>	14
A. <i>Les conditions physiques et chimiques du ruisseau Kapumpi</i>	14
1. Description générale et conditions physiques du ruisseau	14
2. Les conditions chimiques	16
B. <i>Les conditions physiques et chimiques du ruisseau Kaponona</i>	19
1. Description générale et conditions physiques du ruisseau	19
2. Les conditions chimiques	20
C. <i>Les aspects biologiques des ruisseaux Kapumpi et Kaponona</i>	23
III. <i>L'application du Pentachlorophénate de soude</i>	25
1. Type de traitement	25
2. Mode d'application	25
3. Température et insolation	26
4. Méthode de dosage du PCP Na dans le courant ..	26
5. Les concentrations du PCP Na dans le courant ..	27
6. Dispersion théorique du molluscicide	32
7. Conclusions	33

IV. <i>Les effets molluscicides</i>	36
V. <i>Observations sur les réactions physico-chimiques et biologiques des ruisseaux traités</i>	49
A. <i>Les réactions physico-chimiques</i>	49
1. Dans le ruisseau Kapumpi	50
2. Dans le ruisseau Kaponona	50
B. <i>Les réactions biologiques</i>	67
1. Le ruisseau Kapumpi	78
2. Le ruisseau Kaponona	79
VI. <i>Conclusions générales</i>	82
BIBLIOGRAPHIE	85
TABLE DES MATIÈRES	87



Achévé d'imprimer le 29 décembre 1961
par les Editions J. DUCULOT, S. A., Gembloux (Belgique).