

Les simulies, nuisance pour le bétail dans les Vosges : les origines de leur pullulation et les méthodes de lutte

Claude NOIRTIN*

Paul BOITEUX*

Pierre GUILLET**

Claude DEJOUX***

Françoise BEAUCOURNU-SAGUEZ****

Jean MOUCHET*****

Résumé

Au printemps de 1978, dans la vallée du Neuné, département des Vosges, France, 26 bovins décédèrent brutalement à la suite de plusieurs dizaines de milliers de piqûres en quelques heures de Simulium ornatum. Cette espèce, banale dans la région, a brusquement pullulé à la suite de la pollution organique du Neuné ; l'apport de matières organiques constitue un apport nutritif pour les larves de simulies et provoque la désertion de leurs prédateurs.

Dès l'automne 1978, les Services vétérinaires départementaux entreprirent des traitements insecticides du Neuné qui se poursuivent encore. Le produit sélectionné fut le téméphos (Abate C 200[®]) à la concentration de 0,3 mg par litre, durant 10 minutes. Ces traitements ont provoqué une mortalité quasi totale des simulies qui n'ont plus posé de problèmes aux éleveurs. Les autres éléments de la faune aquatique déjà très appauvrie par la pollution ont été relativement peu affectés et les traitements n'ont pas fait l'objet de critiques de la part des associations de pêche. En mars 1979, pour enrayer une pullulation hivernale de larves de simulies il fut nécessaire d'utiliser la K. Othrine à 0,02 mg par litre pendant 10 minutes.

Mots-clés : Simulies – Nuisance – Pollution – Bétail – Lutte insecticide – Téméphos – K. Othrine – France.

Summary

BLACK-FLIES, NUISANCE FOR CATTLE IN THE DEPARTMENT OF VOSGES (FRANCE) : CAUSE OF THEIR OUTBREAK AND METHODS OF CONTROL

During the spring of 1978, in the Neuné river valley, in the Vosges department, France, 26 cattle heads died after having been bitten by thousands of blackflies Simulium ornatum. That species is widely spread in the area ; its sudden outbreak is due to organic pollution of the Neuné river where its larvae and pupae breed. The excess of organic matter was a nutrient for the blackfly larvae. At the same time the environment became unsuitable for the predators which normally are a limiting factor for blackfly larvae populations.

The local veterinary services in September 1978 undertook insecticide treatments of the Neuné river which were continued in 1979 and 1980. The selected compound was emulsionate concentrate of temephos (Abate C 200) which had

* Docteurs vétérinaires. Direction Départementale des Services Vétérinaires des Vosges, C.O. 506, 88021 Épinal, Cedex.

** Entomologiste médical ORSTOM, Institut de Recherches sur l'Onchocercose, B.P. 1500, Bouaké, Côte d'Ivoire.

*** Hydrobiologiste ORSTOM. Laboratoire d'Hydrobiologie de l'ORSTOM, B.P. 1434, Bouaké, Côte d'Ivoire.

**** Laboratoire de Parasitologie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, 35043, Rennes, Cedex.

***** Entomologiste médical ORSTOM. Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM, 70 route d'Aulnay, 93140

Bondy.

already been experienced against *Simulium damnosum* in West Africa. The dosage was 0,3 mg/liter during 10 minutes. The treatments were fully successful and blackflies did not cause any more damage to cattle breeders. Non target organisms of the aquatic fauna were little affected and no complaint was received from the fishing societies. In March 1979, a winter larval population of *S. ornatum* could not be controlled by temephos because of the water temperature and the winter physiology of larvae. A pyrethrinoid K. Othrin was successfully used at 0,02 mg/liter/10 minutes.

Key words : France – Blackflies – Pest – Pollution – Cattle – Insecticide Control – Temephos – K. Othrin.

LE PROBLÈME DES SIMULIES NUISANTES DANS LES VALLÉES DES HAUTES-VOSGES

1. Introduction

Dans les régions tempérées et froides, ainsi qu'en Australie, les simulies hématophages constituent, par endroit, une sérieuse nuisance pour le bétail et les équidés. En effet, la multiplicité des piqûres lors des pullulations, saisonnières ou accidentelles, de ces insectes provoque chez l'animal des réactions graves pouvant entraîner la mort en quelques heures.

Le phénomène était bien connu en Europe centrale où les nuées de *Simulium colombaschense* (Fab.) envahissaient certaines années, au printemps, les plaines du Danube causant des pertes importantes au bétail et au gros gibier. En 1923, année de forte pullulation, plus de 3 000 bovins et chevaux périrent ainsi dans les seuls districts autour de Turnu Severin en Roumanie (Georgevitch, 1923). Les formes pré-imaginales de cette simulie se développaient dans les rapides du Danube, en particulier aux Portes de Fer ; la construction d'un barrage a récemment supprimé les gîtes et le fléau (Zivkovic, 1975).

Sporadiquement des poussées localisées de simulies, entraînant des pertes parmi les animaux de ferme, sont signalées en Europe. Il s'agit d'espèces habituellement peu nuisantes qui pullulent brusquement à la suite de conditions, surtout climatiques, exceptionnellement favorables qui ont favorisé l'« explosion » de leurs populations. Des décès de bétail ont ainsi été attribués à *Simulium voilensis* Serban, en Italie (Zanin et Rivosecchi, 1975) et à *Simulium erythrocephalum* (De Geer), en Bulgarie (Grafiner *et al.*, 1976), en Allemagne (Lohman, 1941) et en Alsace (Cauteneur, comm. pers., 1975). La dernière révision sur la nuisance des simulies en France date de 1953 (Grenier, 1953).

En 1978, 26 bovins ont succombé aux piqûres de simulies dans les Vosges, dans la vallée du Neuné, entre Corcieux et Louveline-devant-Bruyères. L'espèce incriminée était *Simulium (Odagnia) ornatum* dont

la pullulation soudaine était due à une modification du milieu naturel par l'homme, en l'occurrence essentiellement par des matières organiques.

2. L'infestation simulidienne de 1978

2.1. LES ACCIDENTS CHEZ LES BOVINS

Entre le 22 avril et le 12 juillet 1978, 26 bovins sont morts sur des parcs situés dans la vallée du Neuné et celle de son affluent le B'Heumey, dans un secteur d'environ 6 kilomètres de diamètre. Tous ces accidents étaient caractérisés par la rapidité d'évolution du processus fatal toujours inférieur à 24 heures. Les cas ont toujours été observés par beau temps, ensoleillé (10 journées seulement au cours de cette période) sur des animaux en majorité jeunes (fig. 1).

Les lésions observées à l'autopsie de ces animaux permettaient de suspecter une toxi-infection : congestion et hémorragie de la rate, des reins, de la caillette, de l'intestin grêle et des poumons, pétéchies sur l'épicarde et le péricarde. Aucun agent infectieux commun à l'ensemble des cas ne put être mis en évidence.

Au cours des journées ensoleillées, et souvent sur les mêmes pâturages où des décès furent observés, des animaux présentaient des œdèmes importants dans la région abdominale inférieure, la mamelle chez les vaches, le scrotum et le fourreau chez les taureaux. Ces zones, ainsi que les replis inguinaux et axillaires, le mufler, le pourtour des yeux et la base des oreilles étaient recouverts d'une croûte de sang desséché. La peau de ces régions une fois nettoyée présentait une multitude de pétéchies. Ces lésions cutanées étaient également observées sur les cadavres des bovins (photo 1).

Les éleveurs ont observé que, par beau temps, des nuées de « moucherons » s'abattaient sur le bétail, au point que les parties déclives des animaux apparaissaient entièrement noires. Sur une vache morte le 12 juillet 1978, le nombre de piqûres a été estimé à 60 000. L'insecte incriminé était *Simulium (Odagnia) ornatum* Meigen, 1818. Tous les syndromes et les

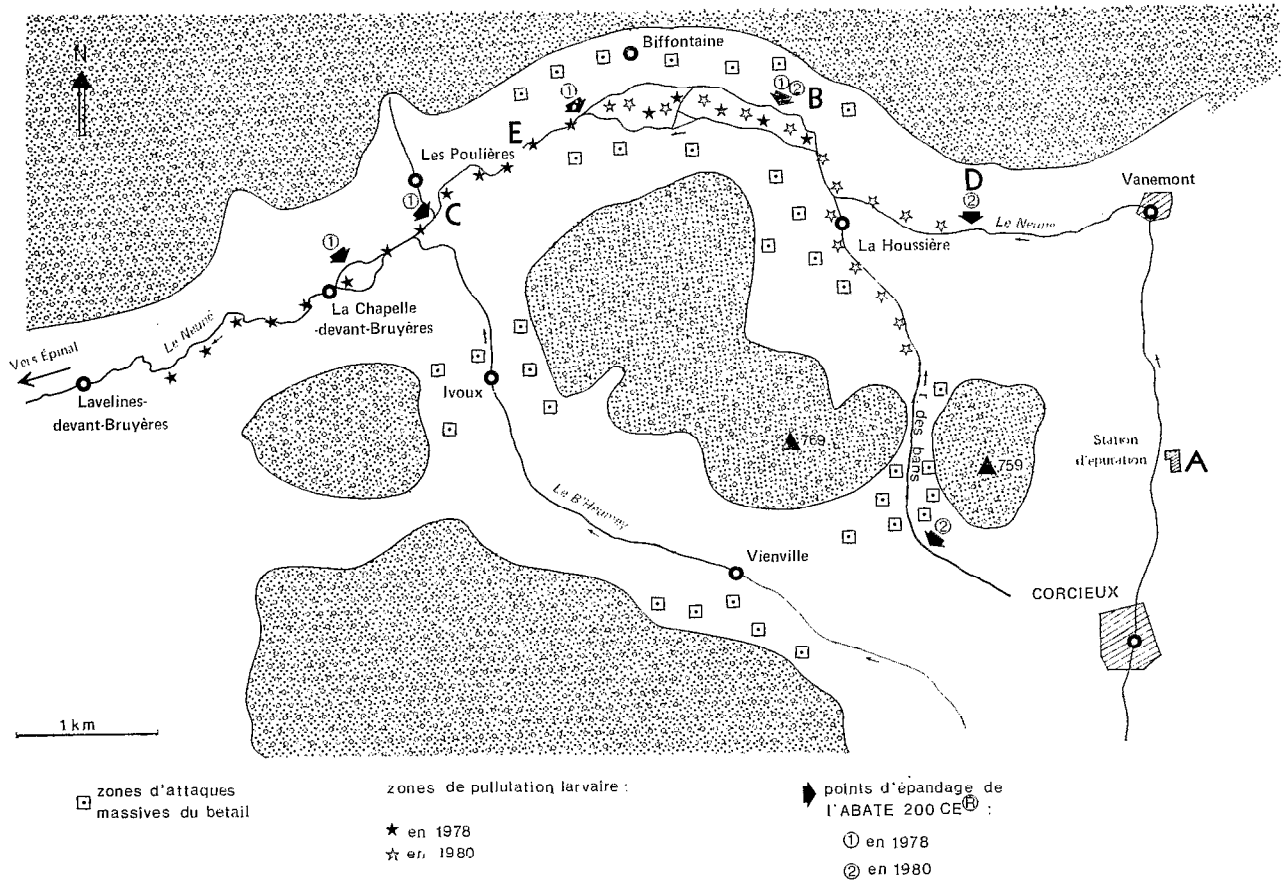


FIG. 1. — Zone de pullulation de *Simulium ornatum*.



PHOTO 1. — Lésions provoquées par les piqûres de simuliés sur les bovins.

lésions observés étaient d'ailleurs identiques à ceux décrits sur les bovins d'Europe centrale victimes de *Simulium colombaschense* (in Grenier, 1953).

Les accidents mortels sont dus à une envenimation et non à une allergie. Les syndromes avaient été reproduits expérimentalement par Georgevitch (1923) en injectant à des bovins des têtes et des thorax de *S. colombaschense*. Les sujets atteints étaient surtout des animaux jeunes, parfois des génisses et des taurellons, frappés dès leur première sortie au pâturage. Lohman (1941) avait déjà fait des observations similaires en Allemagne. Il concluait que la toxine salivaire responsable de l'intoxication conférait aux sujets survivants une certaine « immunité ». Les animaux étaient donc surtout en danger lors de leurs premières sorties au pâturage. Le développement d'une « immunité » aux piqûres d'arthropodes est également connu pour les tiques. C'est même la base des recherches pour la lutte contre ces acariens. Il faut ouvrir une parenthèse pour rappeler que *S. ornatum* peut être vecteur d'une filaire des bovidés *Onchocerca gutturosa* (Stewart, 1937) et de la myxomatose des lapins (Joubert & Monnet, 1975).

La connaissance de l'insecte responsable de ces accidents a permis de localiser ses gîtes de reproduction dans une rivière de la région, le Neuné, entre la station d'épuration de Corcieux et Laveline-devant-Bruyères sur une distance de 20 kilomètres. La station d'épuration traite les eaux résiduaires d'une usine de traitement du lactosérum.

2.2. LA PULLULATION DES SIMULIES ET SON ORIGINE

2.2.1. Notions d'écologie de *Simulium ornatum*

S. ornatum est une espèce banale de tous les cours d'eaux européens jusqu'à 1 200 mètres d'altitude. Suivant la température de l'eau elle présente de 2 à 5 générations par an (Grenier, 1948 ; Laddle *et al.*, 1977 ; Neveu, 1970 ; David, 1961). Les adultes de la génération d'automne pondent des œufs qui éclosent au bout de 2 à 3 semaines ; les larves se développent pendant toute la saison froide sans qu'il y ait de vraie diapause (Mausingh *et al.*, 1971) et se nymphosent à la fin de l'hiver. Les adultes apparaissent 2 à 3 semaines plus tard. Au cours du printemps et de l'été il y a plusieurs générations qui se chevauchent, probablement 3, dans les Vosges. Les adultes de printemps issus des grosses larves à développement hivernal lent sont beaucoup plus gros (5 mm) que ceux d'été (3,5 mm) dont le développement préimaginal a été plus rapide. Cette disparité dans la taille des larves suivant les saisons avait été signalée par Grenier (1953) ainsi que par Laddle (1977).

Il semble que la quantité de salive soit proportionnelle à la taille des simules ; les accidents les plus graves ont été observés au printemps et la mort des bovins a été observée à la suite d'un nombre de piqûres (30 000) moindre qu'en été (60 000).

Les observations faites de 1978 à 1980 ont apporté quelques précisions sur l'écologie de *S. ornatum*. Les femelles peuvent rester actives jusqu'à la fin novembre et pondre dans les premiers jours de décembre si le temps est clément comme à l'automne de 1979. D'autre part, des éclosions peuvent se produire dès la fin février d'après les informations recueillies auprès de la population très sensibilisée au problème des simules ; les premières pontes ont lieu en mars et des jeunes larves ont été observées dans des ruisseaux temporaires qui étaient à sec au milieu de l'hiver. Ces informations recourent les observations de Grenier (1948) qui signale quelques adultes en février dans la région parisienne et de Neveu (1970) qui a également observé quelques adultes pendant tout l'hiver dans les Pyrénées-Atlantiques.

2.2.2. Les causes de la pullulation de *Simulium ornatum*

Le Neuné est une rivière de montagne qui descend d'une altitude de 523 mètres à Corcieux à 440 m à Laveline, 20 km en aval. La vitesse du courant varie de 0,35 m/sec. à 0,80 m/sec. et se situe donc dans les valeurs optimales de 0,40 à 0,60 m/sec. définies par Grenier (1953). La largeur du cours d'eau varie de 3 à 13 mètres et la profondeur moyenne est de 0,50 m, dimension très favorable pour *S. ornatum* ; en effet, en Tchécoslovaquie, Jedkicka (1978) a observé les peuplements les plus importants de cet insecte dans les rivières de 2 à 3 mètres de large et de 50 cm de profondeur.

Dans des conditions écologiques normales, les populations larvaires de simules sont en équilibre avec les autres invertébrés ; la disponibilité en matières nutritives et la présence de prédateurs sont les éléments de la régulation de ces populations. Or, dans le Neuné, *S. ornatum* présentait une pullulation considérable tout à fait anormale, les larves recouvrant tous les supports disponibles (photos 2 et 3). Les causes de cette rupture d'équilibre sont, *a priori*, de deux ordres :

(a) Un apport d'éléments nutritifs en particulier de champignons qui se sont développés considérablement à partir des matières organiques polluantes déversées dans la rivière ; ces champignons se retrouvent dans le tube digestif des simules.

(b) La disparition, consécutive à la pollution, des espèces prédatrices : arthropodes carnivores ou ovivores, poissons — ou concurrentes, c'est-à-dire



PHOTO 2. — Bloc de pierre recouvert de larves et de nymphes de *Simulium ornatum*.



PHOTO 3. — Support végétal flottant recouvert de larves et de nymphes de *Simulium ornatum*.

occupant la même niche écologique. Grenier (1944) a montré le rôle important des larves de chironomides du genre *Orthocladius* qui raclent les substances glaireuses agglomérant les œufs de simulies ; ceux-ci partent alors à la dérive et ont peu de chances de donner des larves viables. Ces chironomides seraient de grands destructeurs de simulies. Le rôle prédateur des poissons et notamment des truites est assez controversé. Des larves et des nymphes de simulies ont été trouvées en grand nombre dans le contenu stomacal des truites pêchées dans le Neuné. Mais étant donné le caractère monospécifique de la nourriture disponible, cette observation n'est pas forcément transposable dans une rivière en équilibre où les sources de nourriture des poissons sont diversifiées. D'ailleurs Edwards (1920) en Angleterre a trouvé des imagos plutôt que des larves de simulies dans les estomacs de truites.

Il semble que l'absence de prédateurs soit un élément très important dans la pullulation des simulies. En effet, le ruisseau de Bans, affluent du Neuné, fut accidentellement et temporairement pollué chimiquement lors du nettoyage d'une piscine. Le réempoissonnement à partir du Neuné, lui-même pollué, fut impossible. La population de *S. ornatum* prit une importance considérable bien que les sources de nourritures n'aient pas été accrues. Ces observations demanderaient toutefois à être approfondies.

Il faut souligner l'adaptation remarquable de *S. ornatum* à la pollution organique, et des pullulations spectaculaires de cette espèce avaient déjà été observées. En 1962, dans la commune de Panissage, à 518 mètres d'altitude dans l'Isère, des nuées de *S. ornatum* attaquèrent les bovins qui brisèrent les barrières des pâturages et refusèrent ensuite de sortir de leur étable. Le pis était ensanglanté et la traite des vaches rendue impossible. La pullulation des simulies était due à la pollution du ruisseau local par le lisier d'une porcherie. Un traitement au DDT se révéla efficace. L'année suivante la situation était redevenue normale, les installations de la porcherie ayant été modifiées. Ces informations n'ont pas été publiées et nous devons leur connaissance à l'amabilité de M. le professeur Degrange de l'Université de Grenoble. Plus récemment une pollution de même nature provoqua les mêmes conséquences à La Motte-en-Bauges, Savoie, en avril 1970 (information communiquée par M. Gruffaz, Entente Interdépartementale pour la Démoustication à Chindrieux). Apparemment dans les deux cas il n'y eut pas de mort de bovins.

2.2.3. Évolution de la situation de 1978 à 1980

En 1978, la situation se présentait comme suit :
— Le bief amont (secteur AB sur la fig. 1) était

très pollué ; la faune se limitait à des Oligochètes du genre *Tubifex*, très abondants et des larves de *S. ornatum*. On observait une prolifération du champignon *Leptomitium lacteus*, recouvrant la totalité du lit et des supports flottants. Cet organisme caractéristique de la pollution organique était associé à d'autres espèces mycéliennes, en particulier des Saprologniales et à des Bactéries filamenteuses. Cette zone était peu favorable au développement des larves de simulies qui paraissaient « engluées » dans le mycélium et étaient très fortement parasitées par des Microsporidées *Pleistophora debaisieuxi* Jivorec. En laboratoire cette Microsporidie peut provoquer des mortalités de 70 à 90 % des larves de simulies (Mitrokhin, 1979).

— Le bief intermédiaire (secteur BC sur la fig. 1), moyennement pollué, présentait une faune entomologique quasiment monospécifique de *S. ornatum* ; les autres invertébrés étaient les *Tubifex* et les crustacés Asélidés. Les poissons étaient pratiquement absents. Les champignons plus rares sur les supports dérivait en quantité, en provenance de l'amont où ils étaient arrachés par le courant. Les éléments mycéliens étaient ingérés par les larves de simulies. Celles-ci fixées à un support par leurs ventouses postérieures se nourrissent des éléments organiques dérivant qu'elles filtrent à travers leurs mandibules. Elles ingèrent des particules de taille variable suivant le stade. Dans le tube digestif de *S. ornatum*, Ladd (1972) a surtout observé des particules de 25 à 30 microns. Mais les larves peuvent absorber des filaments d'algues ou de champignons de 1,5 mm dans la mesure où ce sont des corps déformables (Usova & Rybintsev, 1977).

Dans ce secteur du Neuné tous les supports immergés (pierres, graviers, branches, herbes...) étaient occupés et les larves étaient si nombreuses qu'elles se fixaient sur les nymphes ou même sur d'autres larves. Leur nombre dépassait largement 100 000 par m² de support. Les poids des larves variant de 1 à 6 mg, la biomasse en larves de *S. ornatum* était de plus d'une tonne par kilomètre linéaire de cours d'eau.

— Dans le bief aval (secteur en aval de C sur la fig. 1) les effets de la pollution diminuaient et la faune se rapprochait progressivement de celle de la rivière en amont de Corcieux. Les simulies étaient représentées outre *S. ornatum* par *S. (Eusimulium) latipes* (Meigen, 1804) et *S. (Boophthora) erythrocephalum* (De Geer, 1776). Les Éphéméroptères, les Perlides et les Gammarides devenaient de plus en plus abondants vers l'aval de même que les poissons (truites, chabots, chevesnes, vairons). Dans ce secteur la densité des larves de simulies diminuait graduellement de 50 000 à 20 000 par m² à Laveline-devant-Bruyères.

Depuis 1978, la mise en service d'un lit bactérien en tête de la station d'épuration de Corcieux a réduit les rejets polluants et a modifié l'aspect de la situation.

— Le secteur AD de la fig. 1 présente une faune très réduite, essentiellement composée de *Tubifex*. Les champignons, bien qu'ayant régressé, restent abondants.

— Le secteur DE est devenu la zone optimale de pullulation des larves de *S. ornatum*. Toutefois, les larves d'Éphéméroptères et de Perlides ainsi que les poissons y ont réapparu.

— En aval de Les Poulières (point C) les larves de simulies sont en nombre réduit ; leur densité semble comparable à celle des autres cours d'eau de la région.

— Un affluent du Neuné, le ruisseau de Bans évoqué plus haut, présente depuis 1979 une pullulation de *S. ornatum* analogue à celle du Neuné.

2.2.4. Dispersion des simulies adultes et rythme d'attaque

Plus que dans les prairies au bord du Neuné, le bétail a surtout été attaqué dans les pâturages à flanc de coteau, en bordure de la forêt ou parsemés de végétation arbustive, dans les vallées du Neuné et de son affluent le B'Heumey, parfois à plusieurs kilomètres des gîtes larvaires. Les simulies sont de bons voiliers et cette dispersion, inférieure à 10 km, entre donc dans le comportement normal de l'espèce.

De nombreuses femelles non gorgées ont été observées sur la végétation basse à l'orée des forêts, notamment sur les myrtilles. Elles semblaient en position d'attente et le bétail était immédiatement attaqué dès son arrivée au pâturage. Les attaques se produisaient surtout le matin et en fin d'après-midi par journée de beau temps. L'agressivité des simulies était particulièrement intense par temps orageux, et les premiers cas de mortalité avaient été imputés à la foudre. Ce phénomène avait été signalé en 1953 par Grenier, qui avait également souligné l'effet adverse du vent qui, au-delà de 4,5 m/s, annule toute activité.

Alors qu'au printemps *S. ornatum* attaque presque exclusivement le bétail, en automne il peut manifester une certaine anthropophilie surtout lorsque l'homme entre dans le sous-bois provoquant une réaction de l'insecte à cette intrusion. Ce comportement est bien connu chez les moustiques où il est décrit comme « effet d'intrusion » par Germain *et al.*, 1973.

3. Conclusion

En l'absence d'un entomologiste affecté en permanence à cette étude, les observations n'ont pu

être exécutées sur un rythme continu et répondre à toutes les interrogations posées.

Elles ont mis l'accent sur les conséquences inattendues d'une pollution organique qui, à première vue, ne présentait pas un caractère de gravité exceptionnelle. Le développement des industries agro-alimentaires est susceptible de créer d'autres situations semblables.

Il serait donc nécessaire de développer des études écologiques à la fois sur ce type de pollution et sur les simulies. En effet, pour les détruire il a été nécessaire d'appliquer, comme nous le verrons dans la 2^e partie, des méthodes de lutte antilarvaire directement inspirées de celles appliquées en Afrique de l'Ouest contre *S. damnosum* le vecteur de l'Onchocercose, à l'inverse de la plupart des transferts de technologie. Une meilleure connaissance de la biologie aurait évité les « ratés » de l'hiver 1979.

LA LUTTE CONTRE LES SIMULIES

1. Introduction

La seule méthode de limitation des populations de simulies est la lutte antilarvaire car les adultes, très dispersés, sont pratiquement impossible à atteindre. Le larvicide de choix fut longtemps le DDT, en formulation particulière ; il fut utilisé très largement en U.R.S.S., en Amérique du Nord et en Afrique tropicale. Son action polluante résultant surtout de son accumulation dans les chaînes alimentaires a graduellement entraîné sa désaffection d'autant que plusieurs souches de simulies résistantes au DDT apparurent au Japon, en Amérique du Nord et en Afrique de l'Ouest. Il fut remplacé par des produits organophosphorés biodégradables à faible toxicité mammalienne. Le téméphos, en concentré émulsionnable à 20 %, est utilisé depuis 6 ans dans le Programme de lutte contre l'Onchocercose en Afrique de l'Ouest (Davies *et al.*, 1978). Cinq années de surveillance du milieu aquatique en Côte d'Ivoire ont montré qu'il ne causait qu'un préjudice limité à la faune non-cible ; réduction de 20 à 30 % des invertébrés lotiques et pas ou peu d'action sur les poissons (Dejoux *et al.*, 1979).

Au vu de ces performances, le téméphos a été retenu pour la lutte contre *S. ornatum* dans les Vosges. Dans un cas particulier il fallut recourir à un pyréthrinaïde synthétique : la décaméthrine.

2. Les opérations de lutte

2.1. LES INSECTICIDES ET FORMULATIONS EMPLOYÉS

Les larves de simuliés filtreurs passifs, ainsi qu'il a été dit plus haut, ingèrent pour se nourrir les particules en suspension dans l'eau et éventuellement l'insecticide adsorbé sur les éléments figurés; le larvicide agit essentiellement par ingestion. Il est donc essentiel d'avoir une formulation de densité voisine de 1 qui se répartisse de façon homogène dans les eaux de la rivière et soit entraînée par le courant sans rester en surface ni se déposer sur le fond. Le concentré émulsionnable de téméphos à 200 g de produit actif par litre, commercialisé sous le nom d'Abate² C200, remplit les conditions requises et a déjà fait ses preuves en Afrique de l'Ouest (Quélenec, 1967 et 1976; Davies *et al.*, 1978).

Au cours de l'hiver 1978-1979, les responsables de la lutte furent confrontés à un problème particulier. Les pontes très tardives en novembre, et peut-être décembre 1978, après le traitement d'automne, provoquèrent une pullulation hivernale de larves. Les épandages à l'abate, exécutés en mars 1979, se montrèrent inefficaces pour plusieurs raisons :

- (a) l'activité de cet insecticide diminue lorsque la température de l'eau baisse, or à cette période de fonte des neiges elle était comprise entre 2 et 4 °C ;
- (b) les larves des derniers stades, qui étaient en très grande majorité, ingèrent peu ou pas de nourriture, donc pas d'insecticide (Muirhead-Thomson, 1978 b) ;
- (c) pendant l'hiver le métabolisme des larves est d'autant plus réduit que la température est plus basse (Mansingh *et al.*, 1971) ;
- (d) enfin les larves des derniers stades sont intrinsèquement moins sensibles au téméphos que les formes plus jeunes (Mouchet *et al.*, 1977).

Un autre insecticide, la décaméthrine, pyrè-

thrinolide synthétique (K. Othrine), en formulation à 25 g par litre spécialement préparée pour cet usage⁽¹⁾ fut alors utilisé. Ce produit est d'autant plus actif que l'eau est plus froide et il agit par contact ce qui permet d'atteindre les larves et les nymphes qui ne se nourrissent pas.

2.2. LES ÉPANDAGES

Les traitements réalisés de façon à obtenir le passage dans la rivière pendant 10 mn du téméphos à la concentration de 0,1 mg par litre, très efficaces en région tropicale, n'ont pas produit de résultats dans le Neuné en raison de la température de l'eau (11 °C lors des premiers traitements). Après plusieurs essais, la concentration minimum efficace fut estimée de 0,3 mg par litre, pendant 10 minutes.

La quantité de produit⁽²⁾ est diluée dans dix litres d'eau, placés dans un fût percé dont le débit est réglé à 1 litre par minute. La K-Othrine a été utilisée suivant la même méthode à la concentration de 0,02 mg/litre pendant 10 minutes. Le point de largage est situé à 200 mètres en amont des gîtes à traiter pour que l'insecticide puisse se mélanger à l'eau de la rivière avant d'atteindre le site d'action souhaité.

Lors des premiers traitements, en raison de la masse considérable de larves susceptibles de se décrocher et de créer en s'accumulant en aval une pollution organique, les épandages ont été réalisés successivement de l'aval vers l'amont, en quatre points. Ultérieurement, trois points d'épandage ont été utilisés pour traiter la totalité de la zone de pullulation.

Le rythme des traitements a été établi très empiriquement suivant les fluctuations des populations larvaires et le régime de la rivière. On a ainsi fait des traitements en septembre 1978, mars, juin, août, début octobre, fin novembre 1979, avril, juillet et octobre 1980.

(1) Nous remercions M. Colas des Établissements Roussel-Uclaf qui nous a fourni gracieusement cette formulation.

(2) Pour des utilisateurs peu familiarisés avec l'emploi des insecticides en eau courante, la quantité de produit à utiliser se calcule facilement par la formule

$$Q = \frac{D \cdot T \cdot c}{C_e}$$

où Q = quantité de concentré émulsionnable à utiliser en litres ;

D = débit de la rivière en m³/s D = L · P · V :

L = largeur de la rivière en un point donné,

P = profondeur moyenne sur la section correspondante,

V = vitesse moyenne du courant pour la section considérée ;

T = durée du passage de l'insecticide, en secondes ;

c = concentration souhaitée de l'insecticide dans la rivière en g/m³ (= en mg/l) ;

C_e = concentration en g/l du concentré émulsionnable.

Dans le cas présent T = 600 s, c = 0,3 g/m³, C_e = 200 g/l, $Q = \frac{D \times 600 \times 0,3}{200} = D \times 0,9$, soit 0,9 litre d'Abate 200 C_e pour un débit de 1 m³/s.

2.3. LES RÉSULTATS DES TRAITEMENTS

Ils ont été appréciés par la cinétique du décrochement des larves de simulies et par l'examen de la rivière.

Pour apprécier le décrochement, on a placé dans la rivière des bandelettes de plastique souple de 50 cm × 3 cm, une semaine avant le traitement. Elles sont rapidement colonisées par les larves de simulies qui, normalement, dérivent dans le courant et se fixent sur les supports qu'elles rencontrent (Grenier, 1948). Cette méthode a été couramment utilisée pour évaluer les populations préimaginales de simulies par Doby *et al.* (1967) en France, Williams & Obeng (1962)

au Ghana, Elsen & Hébrard (1977) en Côte d'Ivoire. Les larves, fixées sur chaque bandelette, ont été comptées avant le traitement puis régulièrement pendant 48 heures après l'épandage. On peut ainsi apprécier le pourcentage de décrochement, la vitesse à laquelle il s'opère et la portée de la vague insecticide. On considère que les larves qui se sont décrochées étaient intoxiquées et n'avaient que peu de chances de survie, hypothèse qui s'est avérée juste. En fait, le pourcentage de décrochement donne une bonne image de la mortalité. Les résultats, représentés sur la figure 2, montrent que toutes les larves se sont décrochées en 19 heures. La portée de l'insecticide a varié de 3 km dans les parties amont les plus polluées, à 9 km dans les parties moyenne et aval moins polluées.

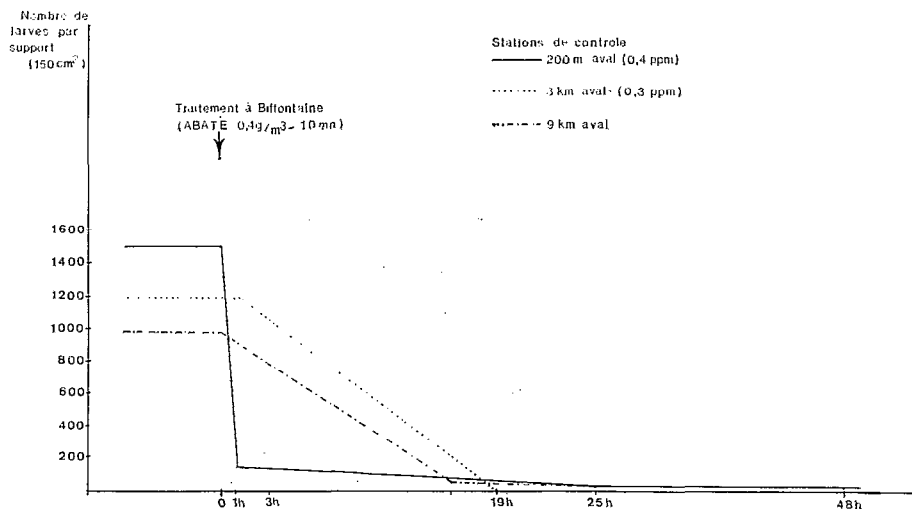


FIG. 2. — Cinétique du décrochement des larves de *Simulium ornatum*.

L'examen direct des supports naturels dans la rivière a montré une disparition presque totale des larves de simulies dans la rivière après les traitements à l'abate. Seules quelques larves âgées moins sensibles et ne se nourrissant pas (Mouchet *et al.*, 1977 ; Muirhead-Thomson, 1978 b) avaient survécu ainsi que les nymphes. Lors du traitement à la K-Othrine, toutes les larves et les nymphes furent exterminées.

Après les traitements, les simulies adultes étaient toujours présentes mais en densité très modérée et ne provoquaient plus d'accident sur le bétail.

2.4. EFFETS SUR LA FAUNE NON-CIBLE

L'effet de l'insecticide sur les invertébrés a été apprécié par l'étude de la dérive. Des filets épuisettes

en voile de tergal, à ouverture carrée de 15 cm de côté, ont été immergés pendant 3 minutes dans le courant à 10 cm au-dessous de la surface. Cette méthode est copiée sur celle appliquée pour la surveillance du milieu aquatique dans le Programme de lutte contre l'Onchocercose en Côte d'Ivoire (Dejoux & Élouard, 1977, Dejoux, 1980). Les résultats montrent que :

- les simulies sont beaucoup plus touchées par le traitement que les autres invertébrés (tabl. I et II) ;
- parmi ces derniers les Éphéméroptères constituent le contingent principal. La sensibilité à l'abate des insectes de ce groupe est d'ailleurs bien connue (Samman & Thomas, 1978).

Aucune mortalité de poissons n'a été constatée même en aval de la zone traitée où la faune piscicole était pourtant bien représentée.

TABLEAU I

Dérive à la station de contrôle 200 mètres en aval du point d'épandage
(Abate 0,3 g/m³, pendant 10 mn)

	Avant traitement	Après traitement		
		1 heure	19 heures	25 heures
Simulies.....	0	285	10	2
Autres invertébrés.....	1	25*	1	0

* dont 20 Éphéméroptères.

TABLEAU II

Dérive à la station de contrôle 1 500 mètres en aval du point d'épandage
(distance parcourue en 1 h 30 par la vague insecticide)

	Avant traitement	Après traitement		
		3 h 30	6 h 30	24 h
Simulies.....	4	34	246	2
Autres invertébrés.....	0	4	12	1

Les effets, à court terme, de l'abate sur la faune non-cible ont été bien étudiés dans les régions tempérées et surtout tropicales où ce produit est utilisé en traitements hebdomadaires depuis 6 ans pour la lutte contre les simulies vectrices de l'onchocercose. L'action sur les poissons est nulle sauf sur les alevins ou les juvéniles qui sont surtout touchés dans les cas de surdosages accidentels. Les invertébrés sont très inégalement insensibles ; certains taxons dont les Éphéméroptères *Baetidae* sont très sensibles alors que les crustacés, en particulier les gammarés, sont peu affectés. Dans aucun cas ce produit n'a provoqué de catastrophes écologiques et la réduction de la faune des invertébrés n'a pas excédé 30 %. Toutefois, la proportion des différents taxons a été modifiée (Wilson & Snow, 1972 ; Lauzanne *et al.*, 1979 ; Muirhead-Thomson, 1978 a ; Helson & West, 1978).

Le traitement d'urgence à la K-Othrine n'a pas provoqué de mortalité des poissons qui étaient absents de la zone traitée et aucune action adverse n'a été observée en aval. Cependant, la dérive des arthropodes et des annélides non-cible a été nettement plus

importante qu'avec l'abate. Les *Tubifex* notamment ont été exterminés. Ces observations confirment les expériences de Dejoux *et al.* (1979) en Côte d'Ivoire et le produit reste d'un maniement délicat en milieu aquatique.

3. Conclusions

Les traitements larvicides ont parfaitement rempli leur rôle et les simulies n'ont plus posé de problème sérieux aux éleveurs de la région. Le coût des opérations a été modique, environ 3 600 FF par an pour l'achat de l'insecticide.

Ces traitements doivent cependant être considérés comme une mesure palliative en attendant que les travaux entrepris pour supprimer la pollution puissent être pleinement effectifs et que l'équilibre biologique se soit rétabli.

Dans ce domaine la situation s'est nettement améliorée de 1978 à 1980, où le nombre de traitements pourrait être ramené à trois ou quatre.

Bien que les poissons aient réoccupé l'aval de la zone polluée, l'équilibre ne s'est pas encore reconstitué, notamment dans la partie amont et la situation nécessite une surveillance constante.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'ORSTOM,
le 20 février 1981

BIBLIOGRAPHIE

- DAVID (F.), 1961. — Contribution à l'étude des Simuliidés de la Bretagne méridionale. Thèse Doct. Pharm., Univ. Rennes, 87 pp.
- DAVIES (J. B.), LE BERRE (R.), WALSH (J. F.) and CLIFF (B.), 1978. — Onchocerciasis and *Simulium* Control in the Volta River Basin. *Mosq. News*, 38, 4 : 466-472.
- DEJOUX (C.), 1980. — Effets marginaux de la lutte contre *Simulium damnosum*; Techniques d'étude. *Rapp. Lab. Hydrobiol. ORSTOM*, Bouaké, n° 34, 50 pp.
- DEJOUX (C.) et ÉLOUARD (J. M.), 1977. — Action de l'Abate sur les invertébrés aquatiques. Cinétique de décrochement à court et moyen terme. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, vol. XI, n° 3 : 217-230.
- DEJOUX (C.), ÉLOUARD (J. M.), LÉVÊQUE (C.) et TROUBAT (J. J.), 1979 a. — La lutte contre *Simulium damnosum* en Afrique de l'Ouest. *Cong. sur la lutte contre les Insectes en Milieu tropical, Marseille 13-16 mars 1979*, 873-883.
- DEJOUX (C.), MENSAH (G.) et TROUBAT (J. J.), 1979 b. — Toxicité pour la faune non-cible des nouveaux insecticides antisimulidiens. — *Rapp. Lab. Hydrobiol. ORSTOM*, Bouaké, n° 27, 1/2/79.
- DOBY (J. M.), RAULT (B.) et BEAUCOURNU-SAGUEZ (F.), 1967. — Utilisation des rubans plastiques pour la récolte des œufs, des stades larvaires et nymphaux de Simulies et pour l'étude biologique de ceux-ci. *Ann. Parasit. hum. comp.*, 42, 6 : 651-657.
- EDWARDS (F. N.), 1920. — On the british species of *Simulium*. II — The early stages. *Bull. ent. Res.*, 11 : 211-246.
- ELSEN (P.) et HÉBRARD (G.), 1977. — Méthodes d'échantillonnage des populations préimaginales de *Simulium damnosum* Theobald 1903 en Afrique de l'Ouest. II — Observations sur le choix des couleurs, l'évolution du peuplement et la répartition horizontale au moyen de rubans en plastique. *Tropenmed. Parasit.*, 28, 4 : 471-477.
- FRANK (A. M.) and SjöGREN (R. P.), 1978. — Effects of temephos and chlorpyrifos on Crustacea. *Mosq. News*, 38, 1 : 138-139.
- GEORGEVITCH (J.), 1923, in Grenier 1953. — *C. R. Acad. Sci. Paris*, 176 : 1500-1502.
- GERMAIN (M.), ÉOUZAN (J.-P.), FERRARA (L.) et BUTTON (J.-P.), 1973. — Données complémentaires sur le comportement et l'écologie d'*Aedes africanus* dans le Nord du Cameroun occidental. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XI, n° 2 : 127-146.
- GRAFNER (G.), et al., 1976. — *Angew. Parasitol.*, 17 : 2-6.
- GRENIER (P.), 1944. — Description de la prédation des œufs de Simulies par Chironomes. *Bull. Soc. ent. France*, 49, 4 : 56-60. *Bull. Soc. ent. France*, 49, 10 : 130-132.
- GRENIER (P.), 1948. — Contribution à l'étude biologique des Simuliidés de France. *Physiol. comp. ecol.*, 1, 3/4 : 165-330.
- GRENIER (P.), 1953. — *Simuliidae de France et d'Afrique du Nord*. Lechevallier éd., Paris, 170 pp.
- HELSON (B. V.) and WEST (A. S.), 1978. — Particulate formulations of Abate and Methoxychlor as Blackfly larvicides : their selective effects on stream fauna. *Canada Ent.*, 110, 591-602.
- JEDLICKA (L.), 1978. — Distribution of *Odagmia ornata* (Meigen 1818) and *O. spinosa* (Doby & Deblock, 1957) in Slovakia. *Act. Facult. Res. Nat. Univ. Comenianal*, 23, 81-89.
- JOUBERT (L.) et MONNET (P.), 1975. — Vérification expérimentale du rôle des Simulies *Tetisimulium bezzii* et *Odagmia* groupe *ornatum* dans la transmission du virus myxomateux en Haute-Provence. *Rev. Méd. vét.*, 126, 617-634.
- KOEMAN (J. H.) and WEIJAUD (B.), 1979. — Abate — A review of toxicological data. *Doc. multigr. Wageningen. Lab. of Toxicology*, 19 pp.
- LADLE (M.), 1972. — Larval Simuliidae as detritus feeders in chalk streams. *Mem. Ist Ital. Idrobiol.*, 29 suppl., 429-439.
- LADLE (M.), BASS (J. A. B.), PHILIPOTT (F. R.) and JEFFERY (A.), 1977. — Observations on the ecology of Simuliidae from the River Frome, Dorset. *Ecological Entomology*, 2, 3, 197-204.
- LAUZANNE (L.) et DEJOUX (C.), 1973. — Étude de terrain de la toxicité sur la faune aquatique non cible de nouveaux insecticides employés en lutte antisimulies. *Rapp. ORSTOM. Centre de N'Djamena*, 37 pp.
- LOHMAN (R.), 1941, in Grenier 1953. — *Diss. Inst. Par. vet. med. zool., Hannover*.
- MAUSINGH (A.), STEELE (R. W.) and HELSON (B. V.), 1971. — Hibernation in the black fly *Prosimulium mysticum* : quiescence or oligopause. *Canada. J. Zool.*, 50, 1 : 31-34.
- MITROKHIN (V. V.), 1979. — The infection of black flies with microsporidia in the Irtysh Rivers. *Parazit.*, 13, 3 : 245-249.
- MOUCHET (J.), QUÉLENNEC (G.), BERL (D.), SÉCHAN (Y.) et GRÉBAUT (S.), 1977. — Méthodologie pour tester la sensibilité aux insecticides des larves de *Simulium damnosum* s. l. *Cah. ORSTOM, sér. Ent. méd. et Parasitol.*, vol. XV, n° 1 : 55-67.
- MUIRHEAD-THOMSON (R. C.), 1978 a. — Relative susceptibility of stream macroinvertebrates to temephos and chlorpyrifos determined in laboratory continuous — flow systems. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, 7, 2 : 129-137.
- MUIRHEAD-THOMSON (R. C.), 1978 b. — Lethal and behavioral impact of chlorpyrifos methyl and temephos on select stream macroinvertebrates : experimental studies on downstream drift. *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, 7, 2 : 139-147.
- NEVEU (A.), 1970. — Écologie des Simuliidae d'un ruisseau des Pyrénées-Atlantiques, le Lissuraga. *Thèse 3^e cycle, Univ. Paris*, 27/3/1970.
- QUÉLENNEC (G.), 1967. — Essai d'activité d'une solution d'Abate contre les larves de Simulies africaines dans la rivière Yanaon, Haute-Volta. *Doc. miméogr. OMS. WHO/VBC/67.35*.
- QUÉLENNEC (G.), 1976. — Field trials of new insecticide

- formulations for the control of blackfly larvae. Doc. miméogr. OMS. WHO/VBC/76.612.
- SAMMAN (J.) and THOMAS (M. P.), 1978. — Effect of an organophosphorous insecticide, Abate, used in the control of *Simulium damnosum* on non-target benthic fauna. *Intern. J. Environm. Stud.*, 12, 2: 141-144.
- STEWART, 1937, in Grenier 1953. — Description de l'évolution d'*Onchocerca gutterosa* Neumann chez *Simulium ornatum*. *Parasitology.*, 29: 212-219.
- USOVA (Z. V.) and RYBINTSEV (N.T.), 1977. — The feeding of Simuliid larvae. *Proc. 8th Sci. Conf. Parasit. Ukrainian S.S.R.*, 2: 233-234.
- WILLIAMS (T. R.) and OBENG (L.), 1962. — A comparison of two methods of estimating changes in *Simulium* larval populations with description of a new method. *Ann. trop. Med. Parasit.*, 56: 359-361.
- WILSON (R.) and SNOW (D.), 1972. — Non-target effects of Abate, an organophosphate insecticide. *Rept. n° 72-8. Atlantic Region Environ. Protec. Serv. St Johns*, 177 pp.
- ZANIN (E.) e RIVOSACCHI (L.), 1974. — Attacco massivo e ruolo patogeno di Simulidi del gruppo *reptans* sul bestiame in Provincia di Trento. *Atti della Soc. Ital. Sc. Vet.*, 28: 865-868.
- ZIVKOVIC (V.), 1975. — Present state of blackflies (*Diptera, Simuliidae*) in the Djerdap Gorge (Iron Gate) of the Danube in Yugoslavia. *Acta vet. Yugosl.*, 25, 6: 279-285.