

Philippe ARNOLD

**BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE
DES MOUSTIQUES D'ALSACE**

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

PARIS 1984

« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, « que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées « à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but « d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le « consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayant cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une « contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal».

A Catherine,

Il en aura fallu de la patience. Pour ces heures passées sur le terrain, pour ces captures où tu as subi les piqûres, pour ta disponibilité à discuter les problèmes que m'ont posés ces fichus moustiques....

Pour ces heures de discussions interminables avec les copains, où le sujet "moustiques" est revenu invariablement depuis trois ans.

Pour ces dernières semaines de rédaction : non contente de donner ton avis, de lire, de relire, de corriger, tu as illustré ce mémoire avec un talent qu'on n'ignorera plus.

Ce travail est aussi le tien.

A mes parents,

Ce travail est aussi l'aboutissement de vos études, celles que les circonstances vous ont empêché de poursuivre.

Une revanche sur le sort.

C'est à vous que je dois d'être arrivé où je suis. Je continuerai. Ma reconnaissance n'aura pas de limites....

A Isabelle,

Je t'en souhaite autant, tu pourras compter sur moi.

A Cathy et Bernard (et....),

Les kilomètres nous séparent souvent, tout le reste nous rapproche.

A Phil et Béa, Daniel, Anne et Dominique,
Jean-Marie, Monique : amis.

A Claire, je rédigeais pendant que tu nous quittais.

R E M E R C I E M E N T S

Je suis particulièrement reconnaissant envers Monsieur le Professeur Michel KREMER, Directeur de l'Institut de Parasitologie et de Pathologie Tropicale de la Faculté de Médecine de Strasbourg, de m'avoir accueilli dans son service.

Il m'a proposé le poste qui m'a permis de réaliser les recherches qui se concrétisent aujourd'hui dans ce travail. Il m'a ouvert son laboratoire, et ses collaborateurs de l'équipe d'entomologie ont été des soutiens efficaces.

Je remercie les membres du Jury, de l'honneur qu'ils me font d'avoir bien voulu accepter de juger mon travail :

Monsieur BERGERARD, Professeur à l'Université de PARIS XI, qui a bien voulu accepter la présidence du jury.

Monsieur Jean COZ, Chef du Laboratoire d'Entomologie de l'ORSTOM à Bondy. Je lui dois une bonne partie de mes connaissances en entomologie médicale.

A chacun de mes passages à Bondy et lors de nombreuses liaisons téléphoniques, il s'est intéressé à ma recherche et m'a prodigué avec enthousiasme des conseils précieux pour la poursuite de mon travail.

Monsieur le Professeur Michel KREMER, qui a suivi de près tous les travaux.

Monsieur le Professeur Jacques CALLOT, doyen honoraire de la Faculté de Médecine de Strasbourg, qui a mis sa vaste connaissance des Culicidés à ma disposition au cours de passionnants échanges à chacun de ses passages "hivernaux" en Alsace. Qu'il soit remercié également de m'avoir ouvert son imposante bibliographie, souvent inédite.

Mes remerciements vont aussi à ceux qui, de près ou de loin, m'ont aidé ou qui ont collaboré à ce travail, en particulier :

Jean-Claude DELECOLLE, technicien au laboratoire d'entomologie de l'Institut de Parasitologie.

Complice devenu ami, il m'a appris bien des techniques de laboratoire, mais aussi de terrain. Sa passion pour l'entomologie ajoutée à son enthousiasme et ses qualités d'observateur ont été pour moi une stimulation sans cesse renouvelée à approfondir les recherches.

Messieurs COUSSERANS et GABINAUD de l'E. I. D. Montpellier, Monsieur GRUFFAZ de l'E. I. D. Rhône-Alpes. Ils ont su me faire profiter de leur grande expérience en matière de connaissance des Culicidés. De nombreux et fructueux échanges auront certainement marqué mon travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma sympathie.

Monsieur CARBIENER, professeur de Botanique à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg. Il m'a initié à la connaissance des écosystèmes de notre région et de celle du Rhin en particulier.

Qu'il soit ici remercié d'attacher, malgré de multiples occupations, de l'intérêt à mes travaux sur la cartographie écologique.

Monsieur PAUTOU, professeur de Botanique à l'Université de Toulouse : sa vaste connaissance des écosystèmes fluviaux et sa maîtrise de la carte écologique des gîtes larvaires ont constitué un apport considérable à mon travail. Son vif intérêt pour mes recherches doivent présager d'une collaboration future destinée à approfondir les connaissances dont ce travail ne constitue qu'une ébauche.

Norbert BECKER et Christian WEISSER, entomologistes et conseillers scientifiques de la "Kommunale Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage" (R. F. A.). Notre passion pour la nature et le désir de contrôler la lutte contre les moustiques dans un souci permanent de préservation de l'écosystème environnant nous étaient communs.

L'amitié, tout comme les moustiques, ne connaît pas les frontières.....

Monsieur MANNSCHOTT, Ingénieur Sanitaire de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales à Strasbourg. Il m'a considérablement facilité la tâche pour réaliser ce travail et a toujours porté un vif intérêt à l'évolution de l'étude et des travaux qu'il m'a confiés dès juillet 1981. Je lui dois beaucoup pour cette fructueuse première expérience professionnelle.

Jean-Pierre RIEB, Maître-assistant d'écologie animale à l'Institut de Zoologie de Strasbourg. Une connaissance très vaste des écosystèmes de notre région et une ingéniosité sans pareille ont à maintes reprises éclairé ma lanterne. Qu'il soit assuré de toute ma sympathie pour cette collaboration qui ne saurait en rester là

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont mis à ma disposition des documents souvent très intéressants.

Messieurs ROBINEAU et STENZ du Service de la Navigation pour ce qui concerne les aménagements du Rhin et l'hydrologie de ce fleuve.

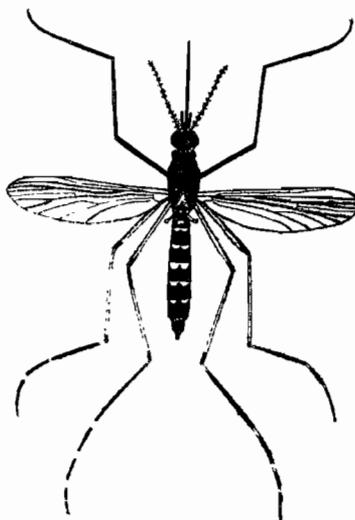
Messieurs RISSLER et JEAN, du Service Géologique d'Alsace-Lorraine, pour ce qui concerne la nappe phréatique et ses interactions avec le Rhin.

Monsieur DILLMANN du Laboratoire des Ponts et Chaussées pour ce qui concerne le delta de la Sauer.

Monsieur François STEIMER, pour m'avoir "introduit" dans le delta de la Sauer : une amitié qui a pour fondement une passion commune et souvent immodérée pour la nature.....

Mes remerciements vont enfin au personnel du laboratoire de parasitologie, ainsi qu'aux collègues de la Section Hygiène du Milieu de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales. A leur contact, j'ai travaillé quelques années dans une ambiance sympathique et toujours accueillante.

Parmi eux, il m'est particulièrement agréable de remercier Sylvie-Anne MASTIO qui a assuré, souvent après ses heures de travail, la lourde tâche de la dactylographie de ce texte. Qu'elle trouve ici toute ma reconnaissance pour sa collaboration enthousiaste.



I N T R O D U C T I O N

Le 4 juillet 1980 tombait sur le bureau du Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales une lettre dans laquelle le Préfet du Bas-Rhin indiquait que son attention avait été appelée sur la "prolifération considérable des moustiques dans certaines communes du département, dont la population se trouve véritablement incommodée durant la saison propice à l'invasion de ces insectes". La lettre se termine par ces termes : "il convient donc, à mon avis, d'organiser une nouvelle campagne de démoustication, dont je vous serai bien obligé de bien vouloir assurer la coordination dans le département du Bas-Rhin". Ainsi fut fait

Cette "nouvelle" campagne suivait en effet une succession d'études préliminaires, d'opérations en tous genres n'ayant que rarement été menées de façon suivie et ayant abouti à chaque fois à l'abandon plus ou moins rapide de ces activités.

Le présent travail est la synthèse des recherches qui ont été menées depuis 1981 afin d'élaborer l'opération de limitation de la nuisance due aux moustiques dans le nord du département.

On comprendra d'emblée que les travaux avaient pour objectif de savoir où, quand et comment se développent les moustiques dans la région.

La détermination des espèces a constitué un préalable indispensable à ces recherches ; une clé de détermination est ainsi jointe à ce travail : elle permet aux entomologistes de déterminer toutes les espèces susceptibles d'être rencontrées dans la région mais aussi, grâce à une clé illustrée des principales espèces, aux non-spécialistes de s'aventurer dans la reconnaissance "des moustiques" de la plaine du Rhin.

Le présent travail s'organise comme suit :

Nous nous sommes attachés dans un premier temps à décrire le milieu environnant et, tout particulièrement le secteur d'étude situé entre Seltz et Lauterbourg. La connaissance des facteurs tant biotiques (faune et flore) qu'abiotiques (climat, hydrologie, géologie....) est indispensable à la compréhension de la biologie et de l'écologie des Culicinae.

Le second chapitre présente une synthèse des travaux antérieurs réalisés dans la région sur les Culicinae. Les divers inventaires, publiés ou inédits, sont analysés et repris dans une "liste des espèces signalées en Alsace". Le rôle pathogène des moustiques dans notre région est décrit, surtout en ce qui concerne la transmission du paludisme. Enfin, une description sommaire de la biologie et de l'écologie des espèces signalées, voire étudiées en Alsace conclut ce chapitre en donnant une vue d'ensemble de la faune culicidienne de notre région.

Le chapitre troisième est consacré à l'espèce de loin la plus abondante, (et également la plus nuisante) le long du Rhin : *Aedes vexans*.

Les observations de divers auteurs ont servi de base à nos recherches sur la biologie et l'écologie de cette espèce.

Ce chapitre est l'occasion enfin de présenter une ébauche de la carte écologique des gîtes larvaires utilisant la végétation comme indicateur du type de milieu, et donc des potentialités de développement culicidien.

Le dernier chapitre évoque enfin l'aspect appliqué de toutes ces recherches, à savoir les opérations de limitation de la nuisance due aux moustiques dans le secteur expérimental de Seltz-Lauterbourg.

Y sont particulièrement développés, l'utilisation de l'insecticide d'origine biologique *Bacillus thuringiensis* sérotype H₁₄ pour limiter les populations larvaires et la motivation des responsables de cette opération dans un souci d'efficacité des méthodes mises en oeuvre mais aussi du plus grand respect des fragiles équilibres naturels de la zone rhénane.

CHAPITRE PREMIER

CADRE DE L'ETUDE

La présence de culicidés dans une région est, comme pour toutes les espèces vivantes, dépendante de l'existence d'un certain nombre de facteurs favorables à leur développement. Ainsi, tant la vie aquatique des stades pré-imaginaux que la vie aérienne des imagos sont tributaires des conditions géologiques, hydrologiques, climatiques etc... du milieu environnant..

Il est donc nécessaire de connaître le milieu naturel dans lequel a été réalisée la plus grande partie des observations. Le fonctionnement des éco-systèmes détermine en effet en grande partie le déroulement du cycle biologique des différentes espèces : dates et lieux de ponte, dates et durées du développement larvo-nymphal, développement de la faune prédatrice et de la végétation des gîtes larvaires, émergence des adultes, prise du repas sanguin, ovogénèse, durée du cycle trophogonique, accouplement etc.....

Nous nous attacherons donc dans ce premier chapitre à décrire le cadre de l'étude, dans ses composantes abiotiques et biotiques.

Ainsi, après avoir situé le secteur d'étude sur le plan géographique et géologique, nous nous proposons de détailler quelque peu trois éléments déterminants pour la faune culicidienne de notre région : le Rhin, la nappe phréatique et le climat. Nous préciserons en outre les conditions hydrologiques et climatiques qui auront marqué la période d'étude : 1980 - 1983.

Puis, nous évoquerons la faune et la flore observées dans le secteur d'étude, en précisant si possible les rapports existant entre les moustiques et ces deux éléments.

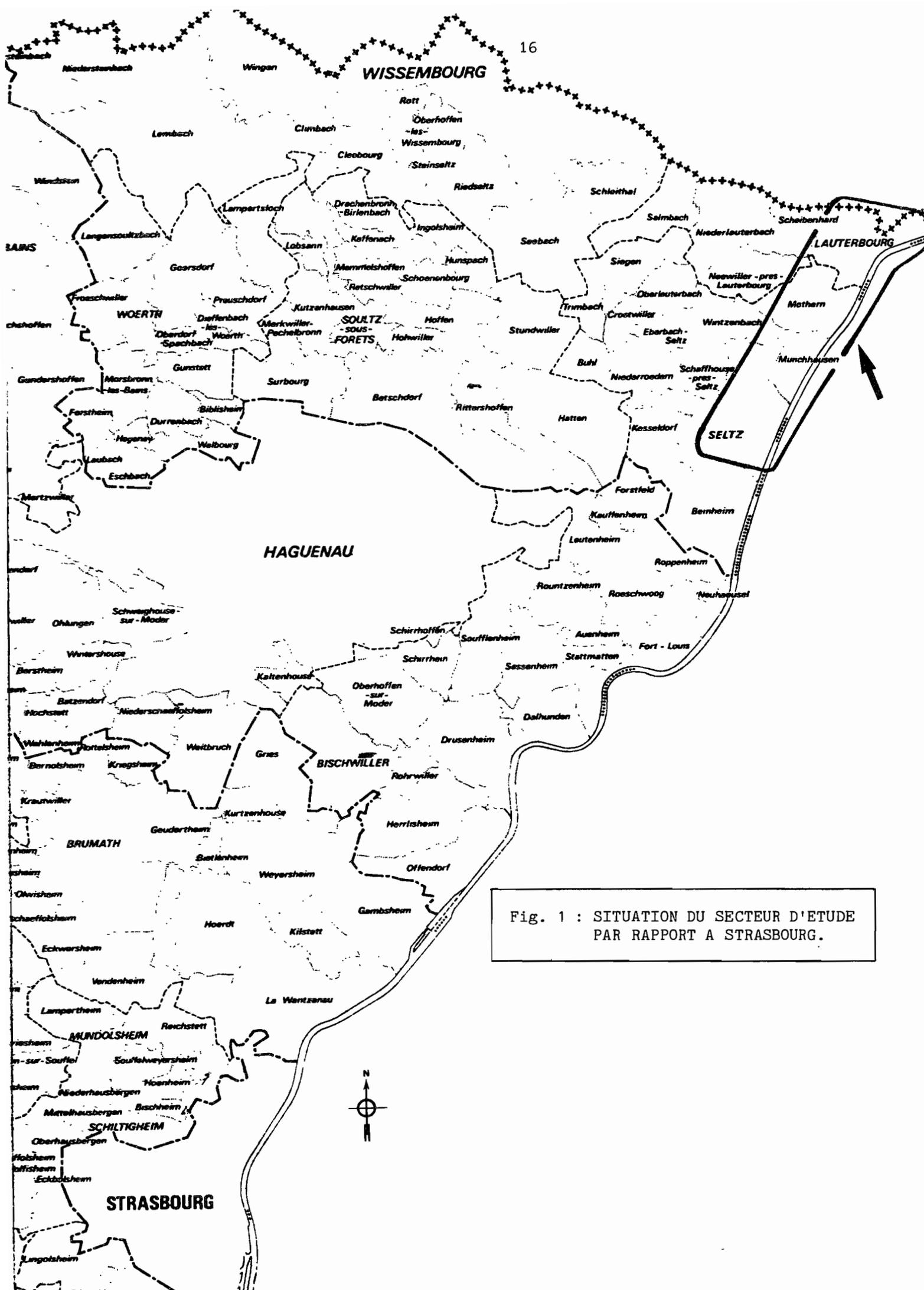


Fig. 1 : SITUATION DU SECTEUR D'ETUDE PAR RAPPORT A STRASBOURG.

PREMIERE PARTIE

LE MILIEU PHYSIQUE

I. LE SECTEUR D'ETUDE :1. Situation géographique.

La région qui constitue le cadre de notre étude est située sur la rive gauche du Rhin, à une cinquantaine de kilomètres de Strasbourg. Le secteur d'étude couvre les quatre communes de SELTZ, MUNCHHAUSEN, MOTHERN et LAUTERBOURG et forme en quelque sorte "l'angle nord-est" de l'hexagone français. Il s'agit en fait d'une partie de la plaine du Rhin. Cet ensemble géographique constitue un élément important du bassin alluvial rhénan dont nous nous proposons de décrire ci-après les traits essentiels.

2. Géologie historique du bassin alluvial rhénan.

La plaine d'Alsace résulte de l'effondrement, en son centre, du bloc hercynien Vosges-Forêt-Noire, sous l'effet des poussées alpines.

Les mers du trias et du jurassique avaient, au préalable, recouvert ce socle, y déposant leurs sédiments. C'est au début de l'ère tertiaire que le môle hercynien (émergé depuis la fin de l'ère secondaire) s'est effondré et que les Vosges et la Forêt-Noire ont été redressées, acquérant ainsi leur caractère montagneux. La mer a dès lors envahi cette dépression pour y déposer les sédiments de l'éocène, de l'oligocène, du miocène et du pliocène : l'épaisseur de ces dépôts secondaires et tertiaires peut dépasser 3.000 mètres.

Pendant cette période, les mouvements orogéniques de mise en place du massif alpin altèrent les directions d'écoulement des différentes branches de ce qui constituera le bassin alpestre du Rhin. L'accès du fossé d'effondrement est barré par le horst de Mulhouse et le Rhin coule vers le Doubs, la Saône et le Rhône.

C'est le rehaussement du seuil de Bourgogne, intervenu au début du quaternaire qui va orienter le cours du Rhin vers la mer du Nord : c'est le début de l'alluvionnement du fossé rhénan, l'aquifère de la plaine d'Alsace se forme à partir de là.

Une érosion importante sur les Alpes, les Vosges et la Forêt-Noire, accentuée par l'effet des grandes glaciations, contribue à l'ultime comblement du fossé rhénan avec des matériaux variés sans cesse remaniés en surface par les crues : ce phénomène s'est poursuivi jusqu'à l'époque historique, l'homme n'ayant réussi à se protéger contre les grandes inondations qu'à la fin du XIXe siècle par l'endiguement du Rhin.

Cette formation tectonique particulière de la plaine rhénane lui confère des caractéristiques originales, aussi bien pour la morphologie générale que pour la richesse exceptionnelle de l'aquifère.

Bassin-versant alsacien du Rhin (7.300 km²)

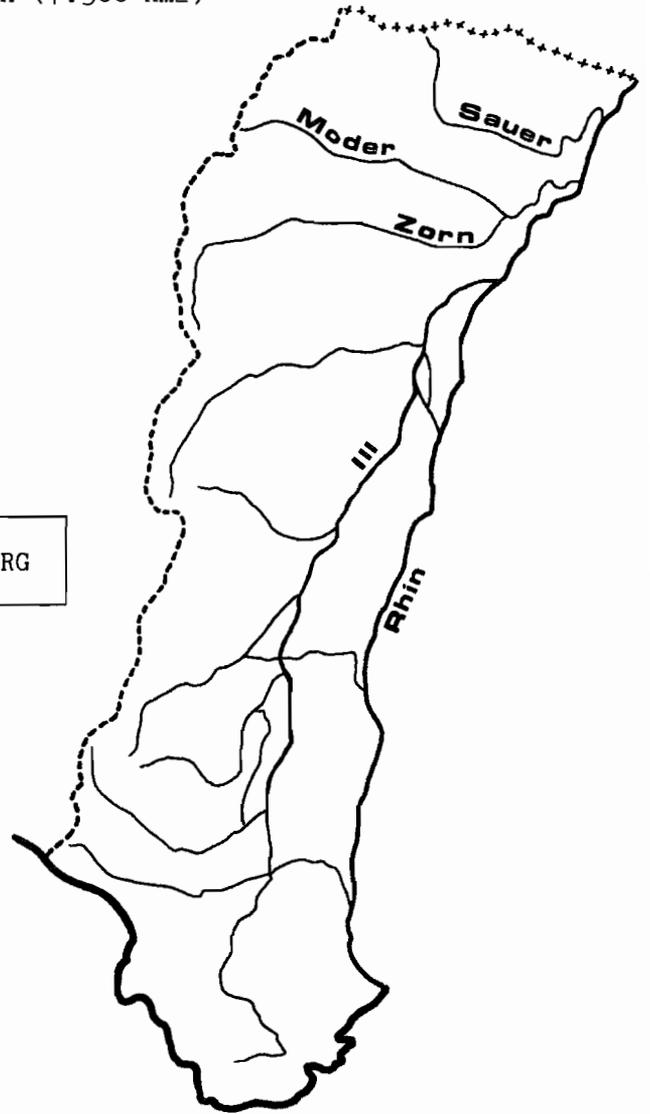
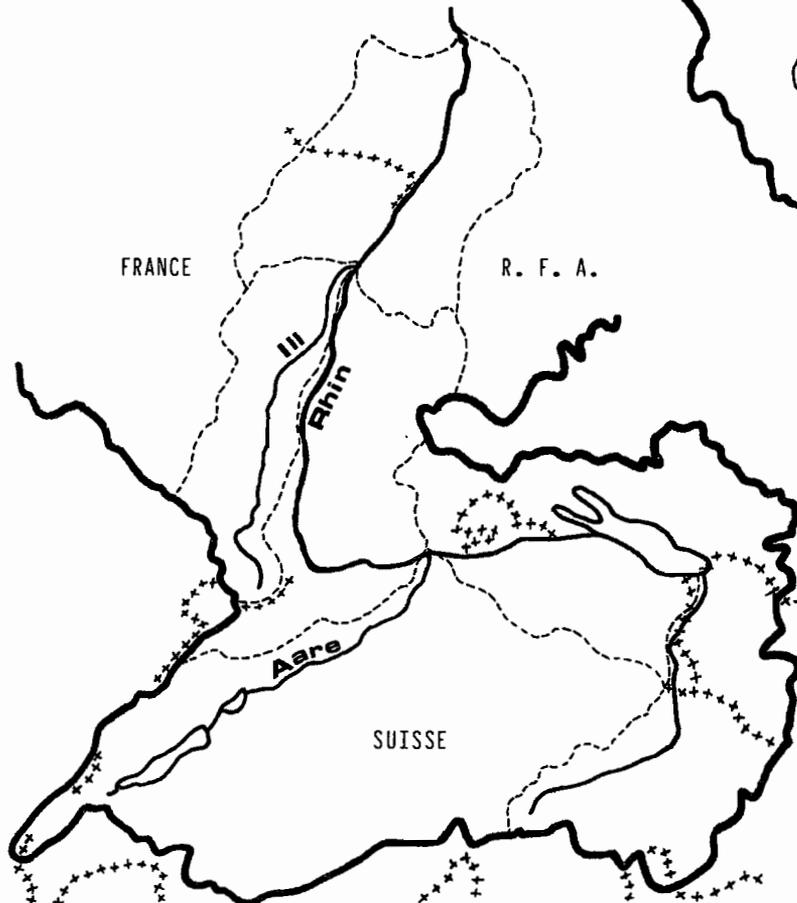


Fig. 2 : LE RHIN A L'AMONT DE LAUTERBOURG

Bassin-versant à l'amont de Lauterbourg.



II. LE RHIN A L'AMONT DE LAUTERBOURG

Le Rhin à l'amont de Lauterbourg est formé de deux ensembles bien distincts : (cf. fig. 2)

- le bassin-versant en amont de Bâle,
- le bassin-versant à l'aval de cette ville.

1. Le bassin-versant en amont de Bâle.

C'est le lac Toma qui est considéré comme étant la source du Rhin Antérieur (Vorder-Rhein) à une altitude de 2341 mètres.

Coulant vers le lac de Constance, situé à 396 mètres d'altitude, le plan d'eau à Bâle est encore à 244 mètres. Cette dénivellation confère naturellement à ce bassin-versant partiel du Rhin un caractère particulier.

Deux facteurs importants établissent une différence très nette entre les bassins partiels à l'amont et à l'aval de Bâle : les glaciers et les lacs. Seul le bassin amont contient des glaciers ; bien que leur superficie varie dans le temps, on peut évaluer à quelques 500 km² la surface du bassin-versant occupée par les glaciers.

Le lac de Constance est le plus grand lac dans le bassin du Rhin (542 km²) ; suivent les lacs de Neuchâtel (217 km²), des Quatre-Cantons (114 km²) et de Zürich (90 km²). La superficie totale des seize plus grands lacs dans le bassin à l'amont de Bâle est de 1219 km².

Pour une superficie de 37.000 km², ce bassin-versant partiel est occupé par 1,4 % de glaciers et quelques 3,5 % de lacs.

Le dénivelé, les lacs et glaciers sont déterminants pour le régime d'écoulement du Rhin : à Bâle, la valeur moyenne du débit d'écoulement est de l'ordre de 1000 m³/s. Presque la moitié des eaux totales du Rhin, en moyenne, s'écoulent déjà à Bâle, bien qu'en cet endroit la superficie du bassin-versant ne soit que d'environ le quart de celle du bassin total.

La répartition saisonnière, maximum en juin, minimum en janvier, est déterminée dès le passage à Bâle et sera la même au niveau de Lauterbourg.

2. Le bassin-versant à l'aval de Bâle.

De Bâle à Bingen, où il va pénétrer dans le massif schisteux rhénan, le fleuve, sur son cours moyen, forme le grand axe de la plaine alluviale longue de 300 km sur une largeur moyenne de 50 km, entre Vosges et Forêt-Noire, prolongés au nord par le massif Palatin et par l'Odenwald.

Le réseau hydrographique à l'aval de Bâle est donc constitué d'un puissant émissaire alpin : le Rhin, des rivières vosgiennes, dont l'Ill est la plus importante, et des émissaires schwarzwaldiens pour la rive droite. Le bassin-versant entre Bâle et Lauterbourg a une superficie d'environ 16.000 km².

Principal émissaire du réseau alsacien, l'Ill offre la particularité de couler parallèlement au Rhin, sur une centaine de kilomètres. Une grande partie de ce réseau est artificielle, avec de très faibles pentes, et alimentée par le Rhin en été. (voir fig. 2) La Basse-Alsace est drainée par la Zorn, la Moder et la Sauer descendant des Vosges du Nord.

3. L'aménagement du Rhin alsacien.

Avec un débit environ 15 fois supérieur à celui de toutes les rivières d'Alsace, le Rhin avant endiguement fut autant utile que néfaste, car sa présence signifiait alors inondations, marécages, paludisme autant que pêche, orpaillage et moyen de transport.

Jusqu'à la Renaissance, l'histoire des hommes dans la plaine du Rhin reste marquée par la crainte des fureurs du fleuve, et les efforts pour s'en prémunir. Cette histoire est donc celle d'une lutte incessante contre le danger des crues, par des essais très tôt commencés d'endiguement et de canalisation des thalwegs.

En 1815, le Congrès de Vienne déclare le Rhin "voie d'eau internationale". Dès lors, les projets d'endiguement et de fixation du lit proposés par Johann Gottfried TULLA, ingénieur badois, vont être exécutés à partir de 1840.

Les quelques documents cartographiques joints en annexe illustrent les aménagements réalisés dans notre secteur d'étude entre Seltz et Lauterbourg.

Au cours du XIXe siècle, l'aménagement a consisté en une fixation du lit mineur, ménageant toutefois une zone inondable, large de plusieurs kilomètres en moyenne de part et d'autre du lit rectifié, zone dévolue à la magnifique sylve rhénane. Il s'agissait d'un volant de zones inondables, permettant l'étalement des crues et assurant la régularisation de ces dernières.

Le tracé du fleuve a été raccourci dans son parcours bado-alsacien de près de 15 %. Mais l'accroissement de la profondeur et la diminution du parcours ont accéléré les eaux et augmenté leur force tractive et érosive, de telle façon que le lit a perdu l'équilibre vertical qu'il devait jusqu'alors à sa dispersion et à son étalement. Un affouillement allant jusqu'à 7 m entre 1840 et 1920 a fait apparaître la fameuse barre d'Istein, rapide infranchissable, juste à l'aval de Bâle.

Une nouvelle série de grands travaux a donc été engagée avec la réalisation du Grand Canal d'Alsace et la construction de barrages installés dans le Rhin, avec courtes dérivations, afin de supprimer les problèmes que posait l'aménagement à courant libre.

En fait, par un enchaînement inéluctable, la canalisation, une fois commencée, oblige, afin de prévenir les risques de renforcement des ondes de crues, de poursuivre indéfiniment vers l'aval la canalisation fatidique. Entre Kembs et Vogelgrun, un canal latéral de 52 kilomètres de long et de 152 mètres de large fut construit entre 1932 et 1957 sur le côté français, permettant ainsi la navigation et favorisant l'aménagement de chutes d'eau pour la production électrique.

Cette construction a abaissé de 2 à 10 mètres le niveau du Rhin et surtout de sa nappe phréatique.

Les aménagements ultérieurs ont été réalisés en "biefs" et en "festons", entre Marckolsheim et Strasbourg : des déviations de 4 à 12 kilomètres ont permis la construction de dix écluses et de dix usines hydro-électriques, tandis que le niveau d'eau du Rhin est relevé par des seuils artificiels.

En aval de Strasbourg, les installations de Gamsheim et d'Iffezheim ont été construites dans le lit élargi du fleuve, économisant par là même le coût et l'espace.

En aval enfin du dernier barrage (Iffezheim), le Rhin est dit à courant libre. Bien qu'un nouvel ouvrage soit prévu à Au-Neuburg (juste en aval de Lauterbourg), ce projet est à l'heure actuelle différé à une date incertaine et les seuls travaux prévus dans ce secteur (qui correspond à notre zone d'étude) consisteraient en une amélioration du système de protection contre les crues par rehaussement des digues de hautes eaux et construction de digues-tiroirs à la hauteur de Seltz-Munchhausen.

Une des conséquences de ces multiples aménagements a été le morcellement de la forêt rhénane dont la superficie actuelle représente à peine 20 % de l'étendue avant-travaux.

4. Le régime du Rhin en amont de Lauterbourg.

Comparé aux autres grands fleuves européens, le Rhin se caractérise par une remarquable régularité de son débit.

On constate sur la figure 3 que les débits moyens mensuels sont maximaux en été (juin - juillet) et minimaux en hiver.

Au niveau de la plaine d'Alsace, le comportement du Rhin est celui d'un fleuve préglaciaire alpin, donc au régime nival en relation avec l'enneigement aux étages alpins. Ceci doit être nuancé pour tenir compte des interférences multiples et complexes entre le caractère préglaciaire alpin, qui s'atténue d'amont en aval, et les vicissitudes du climat de plaine qui s'affirment par des crues pluviales intervenant en toutes saisons.

L'examen des diagrammes des hauteurs d'eau au droit de l'échelle de Lauterbourg (fig. 4) révèlent un fleuve plutôt capricieux aux nombreuses fluctuations aléatoires. Cependant, mise à part l'intervention de conditions climatiques exceptionnelles, on note l'existence d'une crue estivale sûre et régulière dans le temps.

5. Le régime des rivières vosgiennes dans le secteur d'étude :

Sauer et Seltzbach.

Les grandes crues de ces cours d'eau se situent essentiellement à la fin de l'hiver ou au début du printemps, lors de la fonte des neiges dans les Vosges du Nord. En dehors de cette période post-hivernale, on signalera les crues pluviales, à répartition plus ou moins aléatoire dans l'année.

Fig. 3 : COURBE MOYENNE DES HAUTEURS D'EAU DU RHIN OBSERVEES DE 1931 à 1975

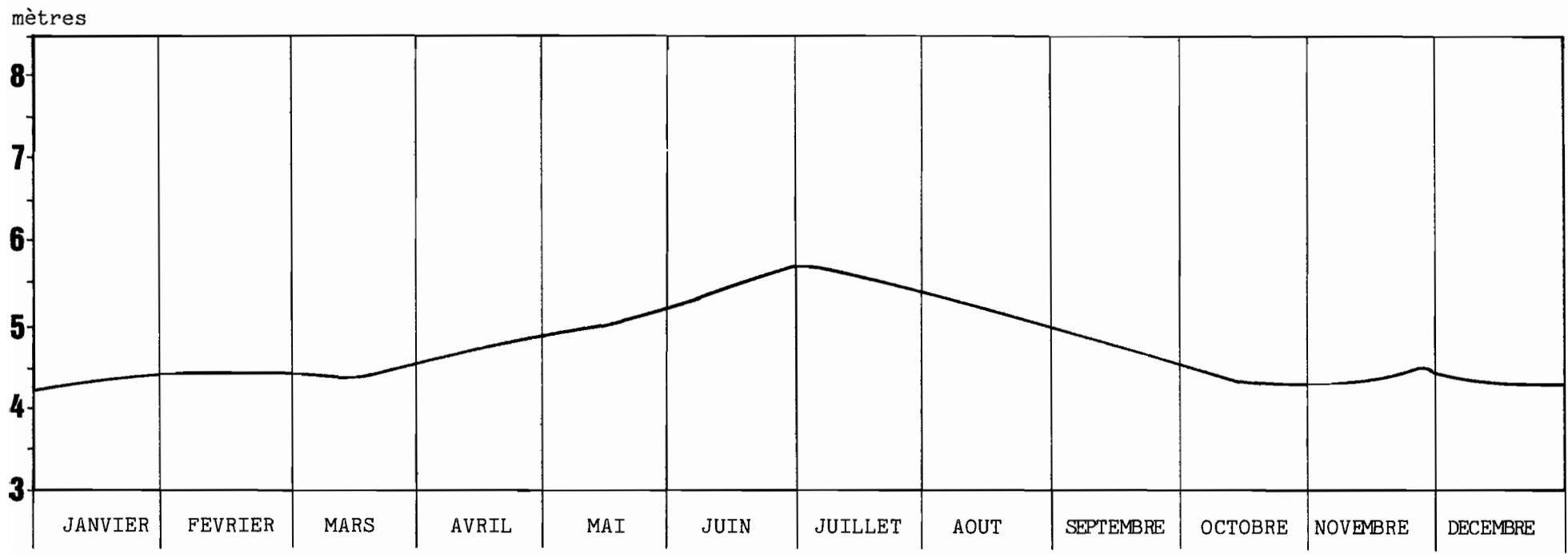
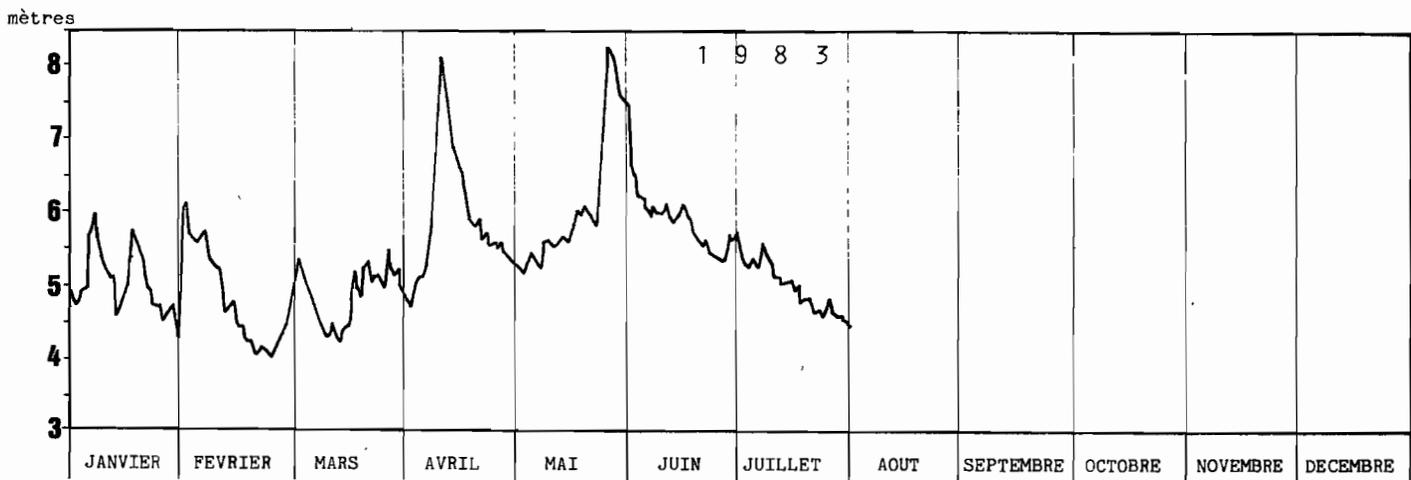
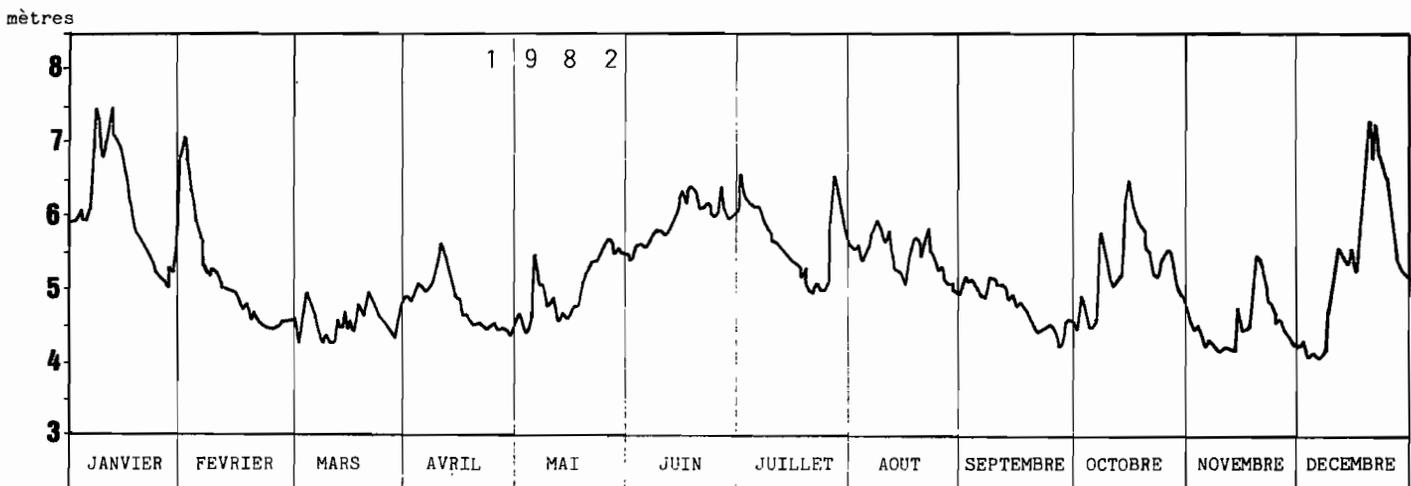
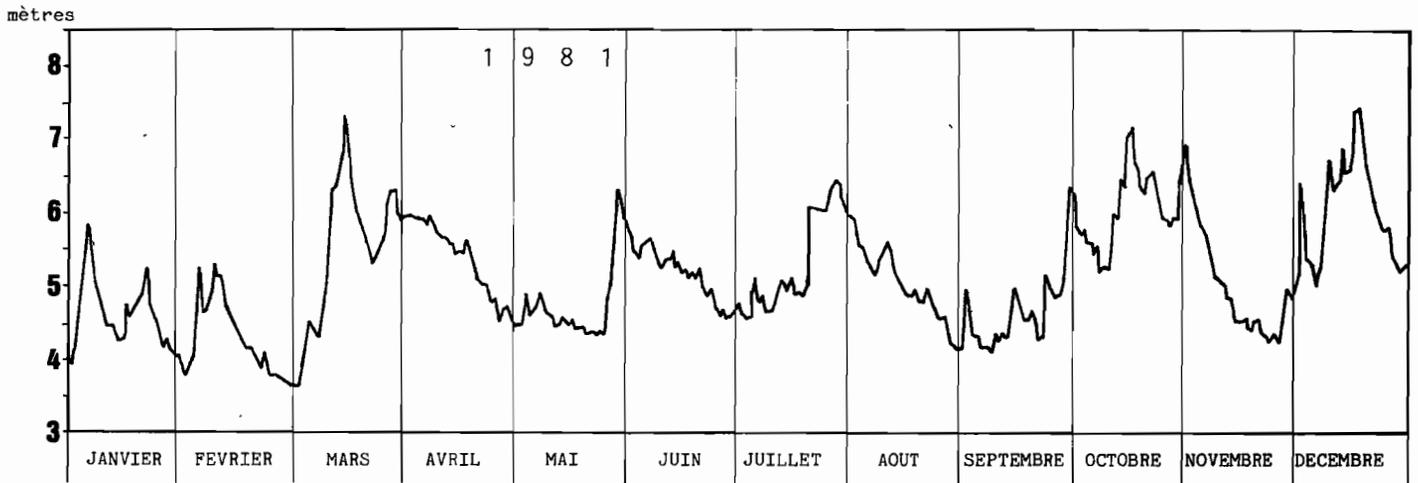


Fig. 4 : NIVEAUX D'EAU DU RHIN A L'EHELLE DE LAUTERBOURG



6. Le régime du Rhin à Seltz - Lauterbourg pendant la période d'étude 1980 - 1983.

Ce sont les variations du débit et des niveaux d'eau du Rhin, et les battements de nappe phréatique qui y sont liés, qui conditionnent la mise en eaux des gîtes larvaires potentiels, tout particulièrement pour le genre Aedes.

A cet effet, nous décrivons ci-dessous les fluctuations observées à l'échelle de Lauterbourg entre 1980 et 1983 (fig. 4)

1980 :

Une crue importante, s'est produite en février, atteignant 7,85 mètres à Lauterbourg. Un pic au début d'avril précède une classique montée des eaux en été, à partir du début de mai.

Cette crue estivale, culminant à 7,18 mètres début juillet est à la fois classique ("le Rhin des Cerises") et exceptionnelle par sa durée puisqu'on relevait encore 5,72 mètres le 19 Août. Deux derniers pics de crues ont été observés fin octobre et mi-décembre.

1981 :

C'est une année de hautes eaux. Après deux ondes de crues à 6,00 m et 5,50 m en janvier - février, une importante montée des eaux survient le 14 mars (7,30 m) et ne se résorbera que lentement au courant d'avril. Deux pics prolongés à 6,30 mètres fin mai et 6,40 mètres fin juillet constituent la crue estivale.

Enfin, des précipitations abondantes provoquent de très importantes crues en octobre et décembre, les niveaux maximums étant chaque fois supérieurs à 7,00 mètres à Lauterbourg.

1982 :

Les crues du début de l'hiver 81/82 se poursuivent en janvier et février, gonflant les rivières et le Rhin et gorgeant la nappe phréatique.

Quelques pics très modestes au courant d'avril et début mai préludent à la crue estivale qui démarre fin mai pour s'étirer jusqu'à la première décade de juillet. Un nouveau pic à 6,50 mètres le 27 juillet et le niveau baissera jusqu'en octobre. Une montée des eaux à 6,50 mètres se reproduit à la mi-octobre et sera suivie d'une crue importante dans la deuxième quinzaine de décembre.

1983 :

Les trois premiers mois de l'année sont à niveau moyen et précèdent une période assez exceptionnelle où l'on distingue deux phases très différentes :

- Avril et mai, suite à des précipitations exceptionnelles additionnées à la fonte des neiges dans les Vosges et la Forêt-Noire, seront marqués par deux pics records à 8,09 mètres le 10 avril et 8,28 mètres le 26 mai. Ce dernier niveau constitue d'ailleurs un

record historique pour l'échelle de Lauterbourg puisque le précédent était annoncé à 8,19 mètres en janvier 1955. Ces ondes de crue ont été assez brèves et le niveau était proche de 5,00 mètres à la fin juin.

- Une période très déficitaire en pluie a suivi à partir de la mi-juin et le niveau est resté inférieur à 5,00 mètres pendant les mois de juillet et d'août.

La crue estivale de 1983 aura été précoce et de courte durée.

III. LA NAPPE PHREATIQUE DE LA PLAINE D'ALSACE

Description de l'aquifère alsacien.

L'énorme accumulation d'alluvions (unique en Europe) déposées par le Rhin et ses affluents dans le fossé rhénan de Bâle à Francfort est le siège d'une nappe souterraine très importante.

En Alsace, ces alluvions extrêmement perméables formées de sables, graviers et galets ont une épaisseur de l'ordre de 15 mètres à St Louis (Haut-Rhin), 240 mètres à Neuf-Brisach (hauteur de Colmar) et 180 mètres vers Strasbourg. Elles sont mélangées sur le flanc ouest à des matériaux d'origine vosgienne plus sableux et argileux (cônes de déjection de la Fecht, de la Thur, de la Bruche, de la Sauer...)

La profondeur du toit de la nappe est extrêmement variable dans le temps et dans l'espace :

- dans le temps, elle obéit à des variations saisonnières et séculaires, réversibles et irréversibles. Elle réagit aussi très directement aux événements naturels ou provoqués que connaît le réseau hydrographique de surface : variations du régime d'écoulement (crues et étiages), influence de la correction du Rhin etc....

- dans l'espace, la profondeur du toit de la nappe varie dans de larges limites d'une zone à l'autre. Ainsi, dans la Hardt, au nord-est de Mulhouse, elle dépasse 20 mètres alors qu'à la hauteur de Colmar, elle réalimente par résurgence des cours d'eau.

La largeur de la nappe alsacienne varie également : de quelques kilomètres au sud (entre Bâle et Mulhouse), elle s'épanouit à 20 km jusqu'au-delà de Strasbourg pour se rétrécir à nouveau au nord le long du Rhin, bordée sur son ouest par les sables du pliocène de Haguenau qui constituent un aquifère distinct.

La pente de la nappe rhénane décroît du sud au nord, avec la pente du fleuve : de 1 pour 1000 dans le Haut-Rhin, elle est de 0,6 pour 1000 au nord de Strasbourg.

La vitesse de déplacement moyenne de cette énorme masse d'eau est de l'ordre de 1 à 10 mètres par jour.

L'alimentation est principalement assurée par l'infiltration des cours d'eau, notamment l'Ill, qui, en étiage, s'infiltré en totalité en amont de Colmar. De nombreux échanges de débit avec les cours d'eau de surface existent sur la totalité de la plaine, le sens de ces échanges pouvant s'inverser avec les fluctuations de la nappe.

**Tableau 1 : CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES des EAUX des RIVIERES
et de la NAPPE PHREATIQUE.**

Paramètre	RHIN		SELTZBACH	LAUTER	SAUER	NAPPE PHREATI- QUE
	(Kembs)	(Seltz)	(Niederroedern)	(Lauterbourg)	(Beinheim)	(Mothern)
Débit moyen (m ³ /s)	1318	1531	2,3	5,3	5,6	
Température (°C)	12	12	10,1	10,2	10,2	10
pH	7,9	7,7	7,9	7,6	7,6	7,1
Conductivité à 20°C	313	578	609	188	324	697
O ₂ dissous (mg/l)	9,2	9	9,5	10,7	9,7	3,5
Taux de satura- tion O ₂ (%)	85	83	82	93	84	
CO ₂ libre (mg/l)						60,8
Cl -	13,7	132,5	43,4	12,4		38,6
SO ₄ --	31,3	39,7	40,8	22,4		39,1
NH ₄ +	0,15	0,2	0,59	0,16	0,21	0,015
NO ₃ -	8,11	7,2	13,12	7,55	6,24	2,9
NO ₂ -	0,10	0,13	0,25	0,08	0,089	0
Na +	8,4	83	25,6	9,1		23,5
K +	1,9	7,1	8,7	5,5		15
Ca ++	55	60	96	24		123
Mg ++	7,2	6,7	15,2	5,9		13,9
HCO ₃ -	161	162	309	75		400
PO ₄ ---	0,67	0,51	1,0	0,67	0,47	0,013
Composés phénol.	0	N.C.	0,009	0,002		
Détergents anion.	0,005	0,049	0,376	0,224		
Cyanure	0	0				
Cr total	N.C.	N.C.				
Fluor	0,262	0,273				
Plomb	0,017	0,024				
Selenium	N.C.	N.C.				
Cuivre	0,02	0,017				
Zinc	0,167	0,135				
Arsenic	N.C.	N.C.				
Fer total	0,308	0,527				0,05
Manganèse	0,053	0,067				0,012
Cadmium	N.C.	N.C.				

Données en mg/l

N.C. = Non calculés

Le Rhin joue, vis-à-vis de la nappe, en Alsace, le rôle de niveau de base. A proximité du fleuve, le toit de la nappe répercute les fluctuations de régime du Rhin : il y a échange, dans un sens puis dans l'autre ; on ne peut pas dire qu'il y ait alimentation au sens d'un transfert quantitatif permanent du Rhin vers la nappe, comme c'est le cas pour les rivières vosgiennes.

IV. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU SECTEUR D'ETUDE.

En plus des eaux pluviales, deux types d'eaux peuvent inonder notre secteur d'étude : l'eau de la nappe phréatique lorsque celle-ci est mise en pression par les crues du Rhin et les eaux courantes du Rhin, du Seltzbach, de la Sauer et de la Lauter par débordement.

Dans le tableau 1 (page 26) sont répertoriées les caractéristiques physico-chimiques des eaux de nappe et des rivières.

L'analyse d'eau de la nappe phréatique a été effectuée à partir de prélèvements pendant l'année 1983 (printemps et automne) au puits de Mothern, qui alimente tout le secteur en eau potable. Les données sont des moyennes sur l'année 1983. Le laboratoire d'hydrologie de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg considère que cette eau présente une minéralisation importante ; c'est une eau dure, bicarbonatée, calcique et sodique. Elle est pauvre en oxygène et présente une grande propreté bactériologique.

Pour ce qui est des eaux du Rhin et des rivières affluentes, les données sont extraites de "l'inventaire du degré de pollution des eaux superficielles (rivières et canaux)" édité par le Ministère de l'Environnement pour l'année 1981. Il s'agit de la moyenne des analyses effectuées pendant l'année 1981 dans un certain nombre de stations de prélèvement : nous avons choisi les stations de Kembs (Haut-Rhin) et Seltz pour le Rhin, de Lauterbourg pour la Lauter, de Niederroedern pour le Seltzbach et de Beinheim pour la Sauer.



V. DESCRIPTION DU SECTEUR D'ETUDE - FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE RHIN-NAPPE.

Le secteur d'étude recouvre quatre communes riveraines du Rhin : Seltz, Munchhausen, Mothern et Lauterbourg. La structure géographique de base de cette zone a été modelée par le Rhin comme en témoignent les cartes historiques du cours du fleuve (cf. annexes).

L'embouchure de la Sauer détermine une structure deltaïque très caractéristique entre Seltz et Munchhausen. Cette rivière, augmentée peu avant sa confluence avec le Rhin par le Seltzbach, le Rhin et la nappe phréatique avec ses affleurements artificiels que constituent les gravières, sont les éléments du fonctionnement de cette zone au point de vue hydrologique.

1. Cadre géologique.

Dans le secteur d'étude, qui constitue l'extrémité septentrionale de la plaine d'Alsace, l'épaisseur des alluvions quaternaires sablo-graveleuses déposées par le Rhin est réduite, de l'ordre de 10 à 15 mètres entre Seltz et Mothern, et passant à 20 ou 25 mètres vers Lauterbourg. Ces alluvions récentes reposent sur une épaisseur importante (50 à 70 m) d'alluvions plio-quaternaires (moins perméables) qui affleurent à l'Ouest sous forme d'un talus bordant la plaine rhénane (= "terrasse du Rhin").

L'ensemble de ces alluvions pliocènes et quaternaires peut atteindre près de 100 mètres d'épaisseur au sud de Seltz ; elle est de 70 mètres à Lauterbourg.

Ce complexe alluvionnaire repose sur une base de marnes oligocènes.

En surface, on observe une couche d'alluvions sablo-limoneuses vasardes, d'épaisseur très variable, pouvant atteindre plusieurs mètres au droit d'anciens bras du Rhin (jusqu'à 6 mètres) avec des valeurs moyennes autour de 2 mètres.

2. Les cours d'eau et les gravières.

Le tracé du cours du Rhin correspond aux corrections réalisées au milieu du siècle dernier par Tulla. Il est bordé par deux digues : la digue de correction du lit moyen submergée lors des crues, la digue des hautes eaux (DHE) qui constitue la limite artificielle du lit majeur. La zone intermédiaire est directement inondable. Sur le secteur d'étude, la Sauer, affluent du Rhin, s'écoule dans un ancien méandre du fleuve. Elle débouche actuellement à la hauteur de Munchhausen.

Deux gravières sont en relation avec le Rhin : la ballastièrre de Munchhausen (dans la basse vallée de la Sauer) et le port de Lauterbourg.

Sur la commune de Lauterbourg, trois gravières sont exploitées : la gravière du Woehr (à l'extrême est du ban communal), la ballastière au sud-est de la ville et le plan d'eau au sud. Elles ne sont pas connectées avec le Rhin.

Ces plans d'eau jouent un rôle régulateur de l'hydrodynamique d'autant plus important que leur pénétration dans la nappe est forte et que leur surface est grande.

3. Fonctionnement du complexe Rhin-nappe.

La nappe phréatique en connection avec le Rhin, circule dans les alluvions perméables. Son régime d'écoulement est fortement influencé par les fluctuations du niveau du fleuve. L'analyse des cartes piézométriques établies en périodes de hautes eaux et de basses eaux fait apparaître les phénomènes suivants :

(cf. carte piézométrique de février et octobre 1980, fig. 5)

- en basses eaux, le rôle de drainage de la nappe assuré par le Rhin, en particulier par le Port de Lauterbourg ouvert en aval sur le Rhin ; en contrepartie, la gravière de Lauterbourg se vide plus lentement que la nappe.

- en hautes eaux, la forte alimentation de la nappe par le Rhin en crue, en particulier : au niveau de Munchhausen où la pression du fleuve pénètre bien à l'intérieur de la nappe par remontée dans l'estuaire de la Sauer et par extension de la zone inondée liée à la forme de la digue des hautes eaux ; au niveau du port de Lauterbourg qui, par sa pénétration dans la nappe jusqu'à 350 mètres à l'ouest du fleuve, crée alors un barrage hydraulique à l'écoulement de la nappe qui tend à inonder le secteur du Bois de Mothern en amont du port.

On a pu mettre en évidence :

- la forte pénétration des pressions du Rhin à Munchhausen,
- la faible pénétration vers l'aval, malgré la présence du port de Lauterbourg.

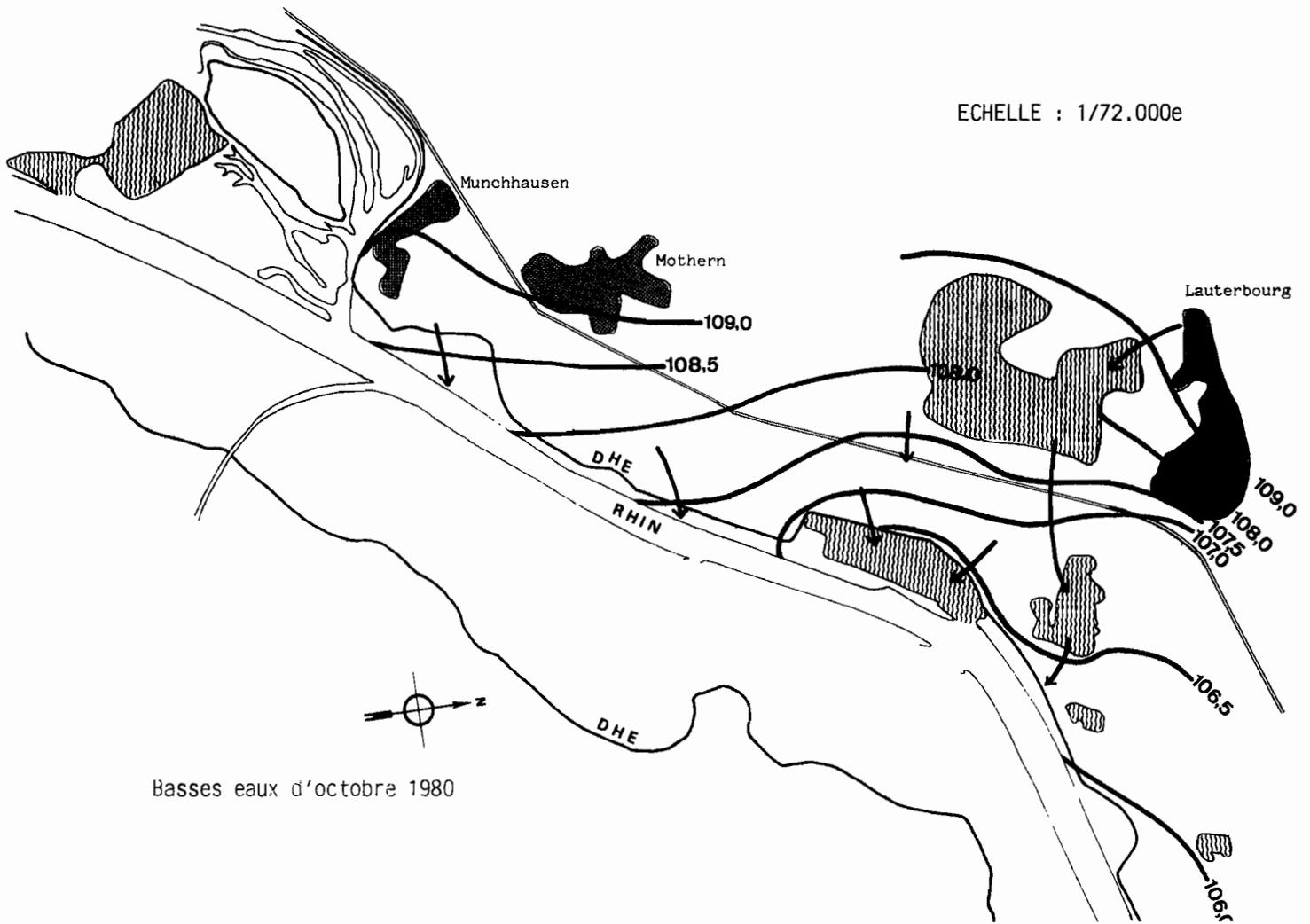
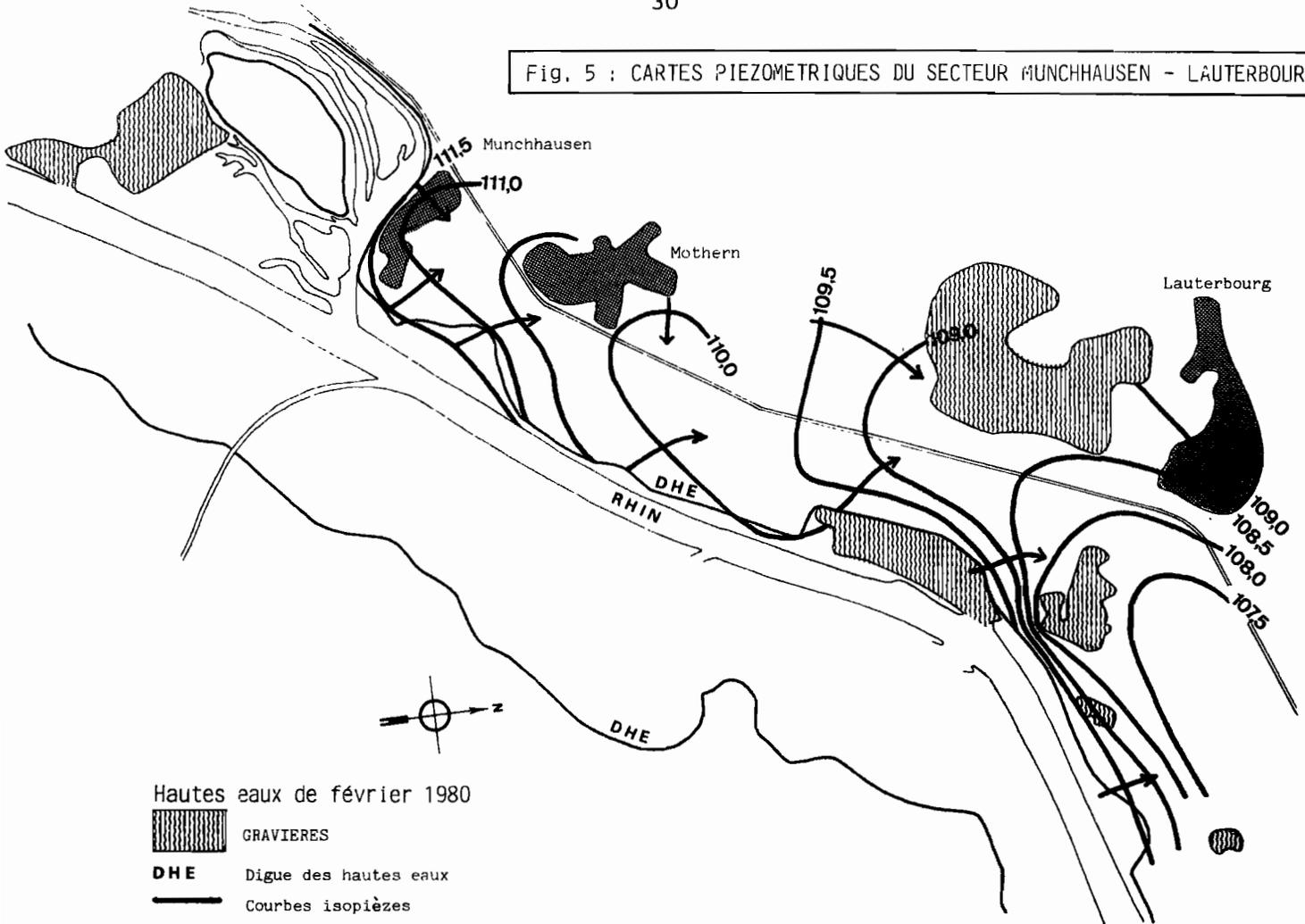
Ce phénomène s'explique par le fait que la nappe très étroite à Munchhausen et Mothern (1,5 km), s'élargit brusquement vers Lauterbourg (2,5 km).

4. Régime des inondations.

Toute la partie située en deçà de la digue des hautes eaux est inondée directement par le Rhin par débordement de la digue du lit moyen. C'est le cas de la saulaie rhénane de Lauterbourg, d'une zone de 50 mètres de large environ à Mothern et surtout du delta de la Sauer. (fig. 6)

Dans ce delta, seul le "Grosswörth", domaine agricole ceinturé d'une digue, est soumis au régime des inondations par remontée de nappe phréatique. Pourtant, lors de très hautes eaux, un ouvrage situé sur la digue est ouvert pour équilibrer la pression sur les digues et le secteur du Grosswörth est alors envahi par les eaux du Rhin.

Fig. 5 : CARTES PIEZOMETRIQUES DU SECTEUR MUNCHHAUSEN - LAUTERBOURG



Partout ailleurs sur le secteur, en particulier au nord de Munchhausen, le régime d'inondation est celui des remontées de nappe.

Lors de la décrue, les eaux se rassemblent dans les bas fonds et bras morts ; ces secteurs sont mal drainés et envasés, provoquant une stagnation des eaux pendant un temps assez long après la crue.

Les bras morts se remplissent en période de hautes eaux, le niveau baisse ensuite très lentement.

VI. LE CLIMAT

Les données météorologiques sont tirées des documents publiés par la Direction Météorologique Régionale Nord-Est de Strasbourg-Entzheim.

L'essentiel des informations provient des tableaux climatologiques mensuels où sont répertoriés les données météorologiques de toutes les stations d'observations du Bas-Rhin.

Nous dégagerons : (fig. 7)

- d'une part les grands traits du climat régional de la plaine (française) du Rhin grâce aux données de la station météorologique de Strasbourg-Entzheim. (alt. : 150 m)

- d'autre part les particularités locales du climat du secteur d'étude (Seltz - Lauterbourg) grâce aux données de la station thermo-pluviométrique de Statmatten (alt. 120 m), de la station pluviométrique de Lauterbourg (alt : 110 m) et, pour l'anémométrie, de la station météorologique de Karlsruhe (alt. 110 m) en R.F.A.

1. Les grands traits du climat de la plaine du Rhin au Nord de Strasbourg.

1.1. Températures

Les moyennes de température des postes climatologiques de la plaine au Nord de Strasbourg sont relativement homogènes :

- entre 10,4 °C et 14,7°C pour les températures maximales,
- entre 5,6 °C et 5,7°C pour les températures minimales,
- entre 10 °C et 10,2°C pour les températures moyennes.

Juillet est le mois le plus chaud (température moyenne : 19°C - extrême maximum : 37,4°C). Janvier le mois le plus froid (température moyenne : 0,7 °C - extrême minimum : - 23,2°C).

L'amplitude des variations quotidiennes de température va en moyenne de 5°C en décembre à 10-11°C d'Avril à Septembre avec des maxima d'amplitude thermique quotidienne allant jusqu'à 20 - 24°C.

L'amplitude annuelle de température est légèrement inférieure à 20°C en moyenne.

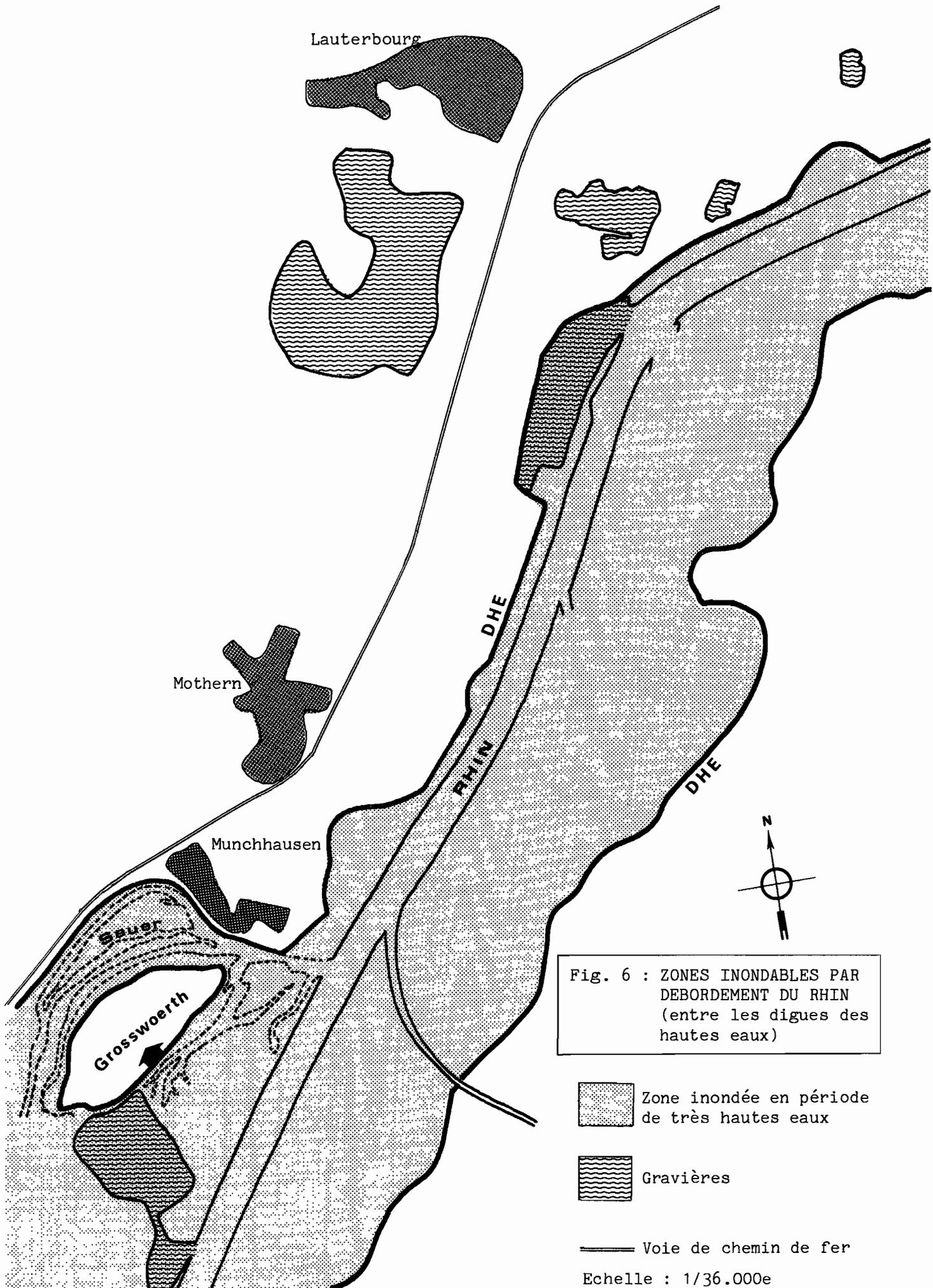
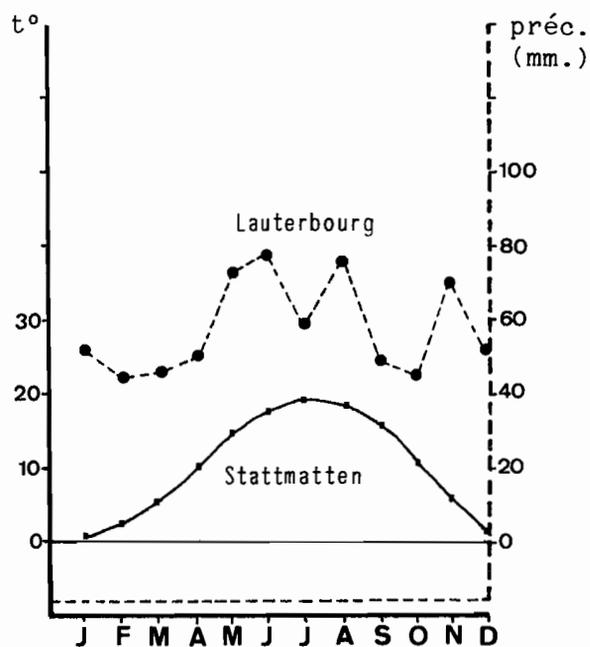
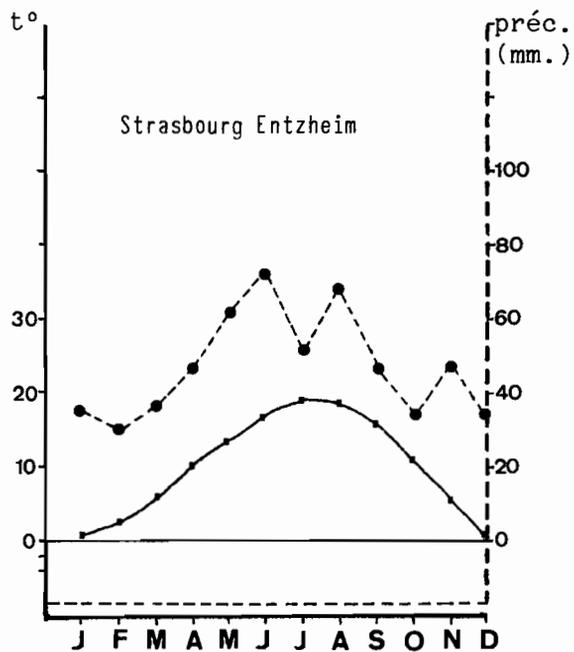
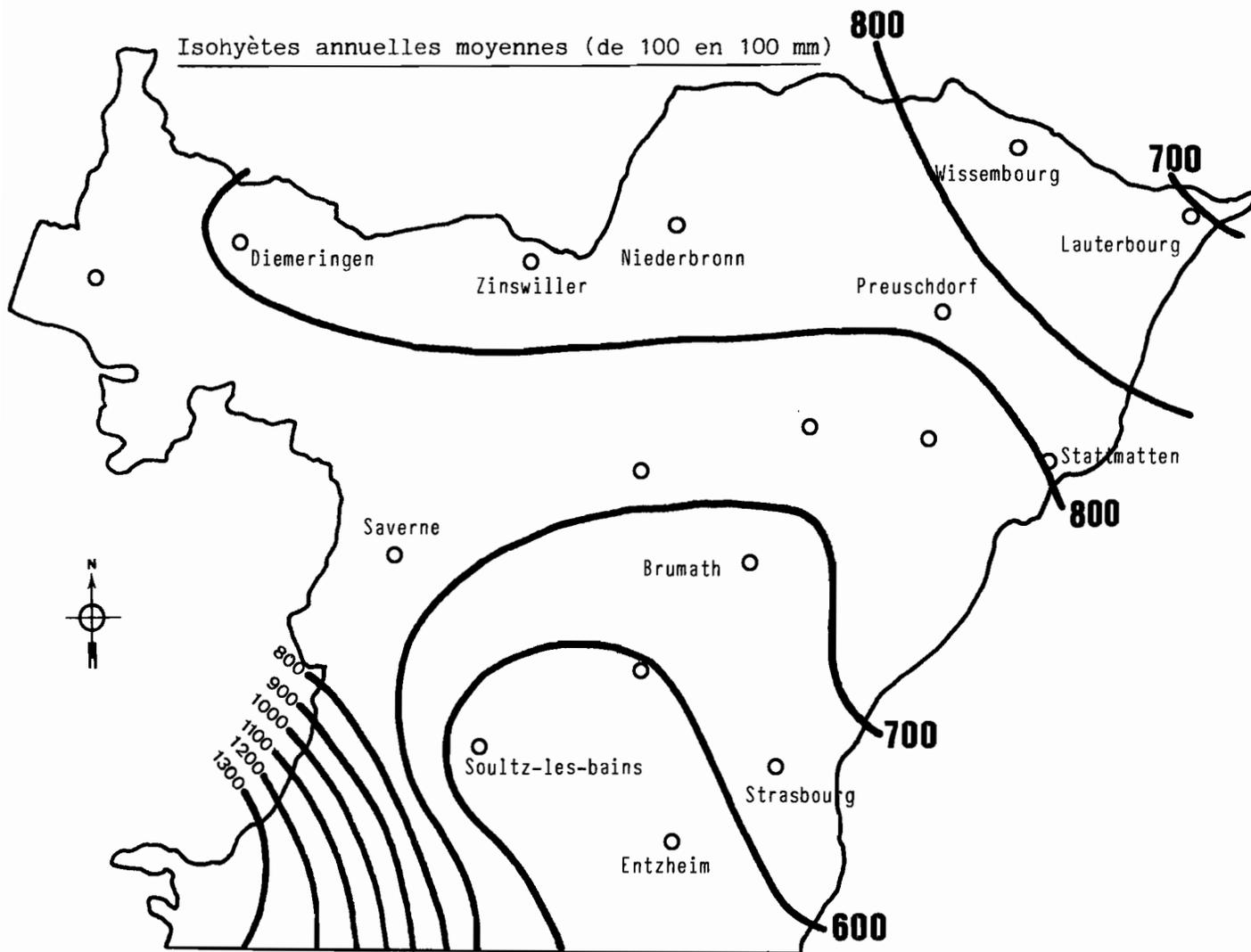


Fig. 6 : ZONES INONDABLES PAR DEBORDEMENT DU RHIN (entre les digues des hautes eaux)

-  Zone inondée en période de très hautes eaux
-  Gravières

— Voie de chemin de fer
Echelle : 1/36.000e

Fig. 7 : TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS MOYENNES DANS LE NORD DU BAS-RHIN
(1959 - 1975)



L'insolation moyenne est maximale en juillet (7 heures d'insolation moyenne quotidienne) et minimale en janvier (moins de 2 heures d'insolation moyenne quotidienne).

Cette insolation peut être influencée plus ou moins par la nébulosité qui, mesurée en "huitième de ciel" - ou octas -, présente une valeur annuelle moyenne de 5,3 dans le Nord du Bas-Rhin.

Les gelées sont possibles à partir d'octobre et jusqu'en avril-mai.

1.2. Précipitations :

Assez voisines des normales françaises, les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 700 à 850 mm dans le Nord du Bas-Rhin.

L'examen des hauteurs annuelles moyennes (calculées sur la période 1959 - 1975) indique sur le Nord de la plaine du Rhin une influence océanique nette et, à un degré moindre, une ouverture à des influences continentales et moins humides de Nord-Est.

Les mois les plus pluvieux en moyenne sont les mois de mai et juin, d'août et de novembre.

1.3. Vents :

Il ne sera question ici que des caractéristiques des vents observés en surface, c'est-à-dire entre 10 et 12 mètres au-dessus du sol.

La direction des vents en plaine d'Alsace est remarquablement influencée par les reliefs qui canalisent les courants dans le sens Nord-Sud.

Pour une vitesse moyenne de 2,4 m/s, les vents les plus fréquents (500 ‰) dans la plaine sont les vents faibles (1 à 3 m/s), suivis par ordre décroissant de fréquence, des vents modérés (4 à 6 m/s), calmes (inférieurs à 0,5 m/s) et forts (supérieurs à 7 m/s).

On observe, aux vitesses faibles, des effets de vents traversiers de secteur Ouest-Sud-Ouest surtout. Pour les vents modérés à forts en revanche, l'effet de canalisation de la vallée du Rhin se fait d'autant plus sentir que la vitesse du vent augmente.

1.4. Humidité relative :

Il faut mettre l'accent sur l'interdépendance qui existe entre l'humidité relative et la température, les évolutions de ces paramètres étant généralement inverses : une diminution du second entraînant une augmentation du premier.

2. Particularités du climat dans le secteur d'étude (Seltz - Lauterbourg)

Alors que les températures moyennes (maxima et minima) sont homogènes dans tout le Nord de la plaine du Rhin, les précipitations et les vents présentent des particularités locales sur le secteur d'étude.

- Une influence continentale sèche de Nord-Est limite la hauteur moyenne annuelle des précipitations à Lauterbourg à 702 mm et en fait le point le plus sec du Nord du département.

- Pour ce qui est du vent, on notera sur les fig. 8 que, contrairement à la plaine du Rhin au niveau de Strasbourg, la fréquence des vents de secteur Nord-Est à Est est particulièrement nette à Karlsruhe : son importance traduit l'influence de la trouée existant entre la Forêt-Noire et le massif de l'Odenwald (qui surplombe les villes de Mannheim et Heidelberg).

Les vents faibles (1 à 3 m/s) dans cette zone sont plutôt de secteur Nord-Est à Est, les vents plus forts (supérieurs à 4 m/s) de secteur Sud-Ouest.

3. Importance des paramètres météorologiques.

Les divers paramètres du climat local conditionnent le déroulement des cycles biologiques des culicidés.

Les précipitations peuvent être à l'origine des crues de certains fleuves ou rivières dont les débordements immergent des gîtes larvaires potentiels.

La température peut déterminer une fonte des neiges et les crues nivales qui y sont liées, ou un réchauffement des eaux stagnantes favorisant l'éclosion des oeufs. Certaines conditions de température et d'humidité relative de l'air conditionneront l'activité des imagos mâle ou femelle. Enfin, les baisses de température sont les facteurs déclenchant le phénomène d'hibernation pour plusieurs espèces.

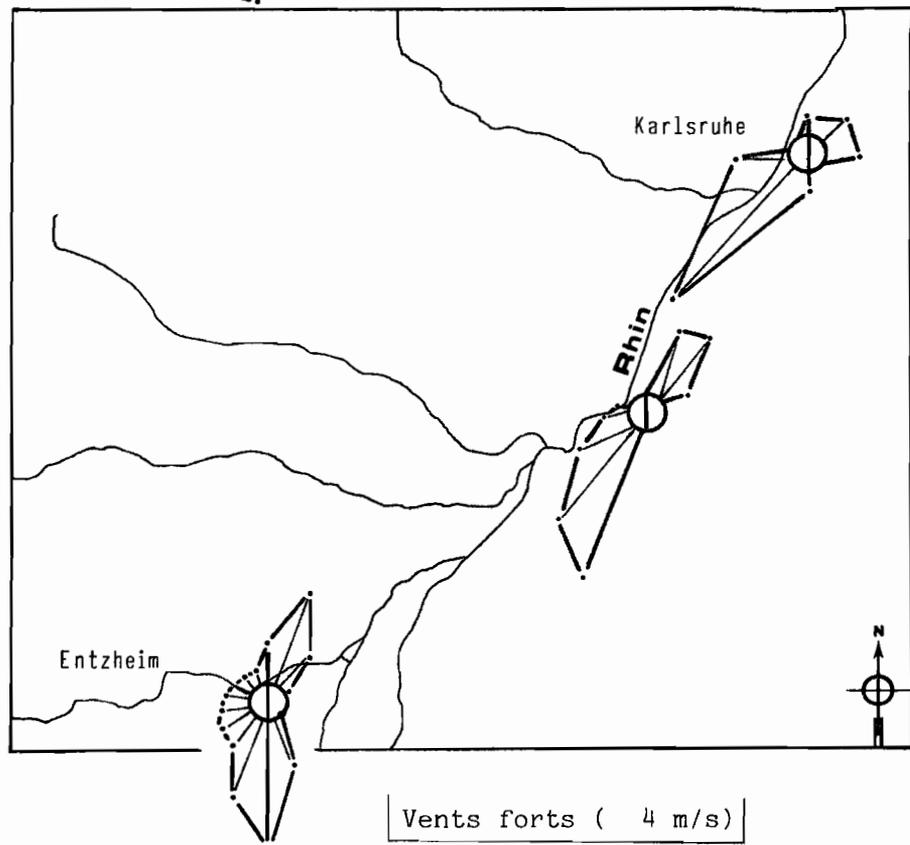
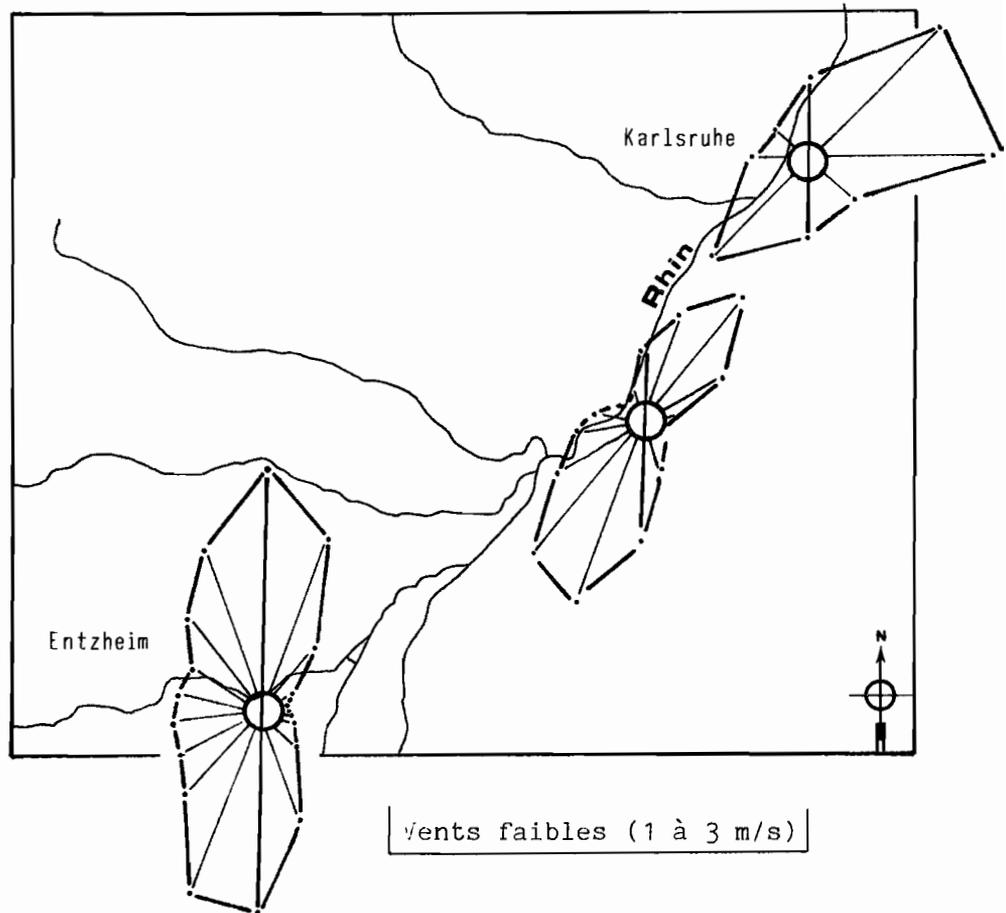
En outre, la force et la direction des vents influent de façon très nette sur les déplacements des imagos au cours de leur vie aérienne.

Le rôle de ces divers facteurs sera repris dans l'étude de la biologie des espèces.

4. Les principaux paramètres météorologiques pendant la période d'étude. (1980 - 1983) (Fig. 9)

Nous examinons dans ce chapitre les variations de température et de précipitations pendant la période 1980 - 1983 : l'examen de ces données permet la compréhension de quelques événements du cycle biologique des espèces (éclosion, durée du développement larvo-nymphal, déplacement etc...)

Fig. 8 : ROSES DES VENTS DANS LE SECTEUR D'ETUDE



- 1980 :

Les températures moyennes mensuelles sont très voisines de la normale (*)

Les précipitations, légèrement inférieures à la normale en mars, avril et mai, ont été fortement excédentaires en juin et juillet (150 % et 160 %) ainsi qu'en octobre.

On notera que la couche neigeuse au sol a été inexistente en plaine pendant l'hiver 1979 - 1980.

- 1981 :

Excepté mars qui a été un peu plus chaud que la normale, les températures moyennes mensuelles sont proches de la normale.

Les précipitations ont été abondantes et la moyenne annuelle est supérieure à la normale (+ 250 mm environ)

On retiendra particulièrement les précipitations neigeuses de janvier et décembre (très excédentaires) et pluvieuses de mars, juillet et surtout octobre (256 % de la normale). Le mois d'août est déficitaire et relativement sec.

La couverture neigeuse du sol a été très réduite en plaine pendant l'hiver 1980-1981 : quelques jours en décembre 1980 et quelques autres mi-janvier et début février.

- 1982 :

Les températures moyennes mensuelles sont voisines de la normale.

Les précipitations en revanche sont plutôt inhabituelles : voisines de la normale quant à leur moyenne annuelle, elles ont été déficitaires à Lauterbourg d'avril à septembre. Seul mars et surtout octobre (288 % de la normale !) et décembre (310 % de la normale) ont été largement excédentaires.

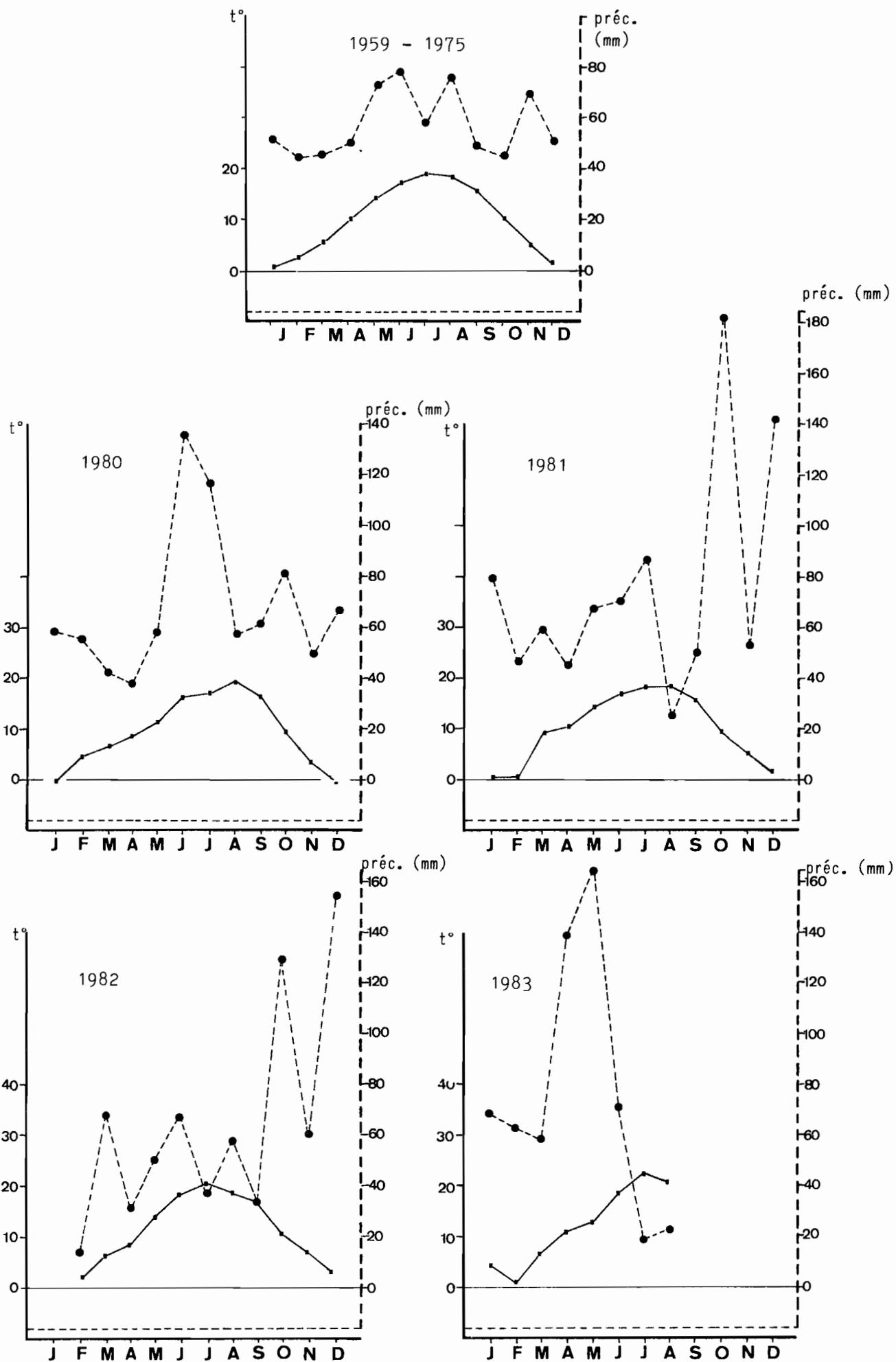
- 1983 :

Le mois de janvier a été marqué par des influences océaniques d'air doux et humide qui a amené les températures moyennes à quatre degrés au-dessus des normales. Février en revanche a été très froid. Aux températures mensuelles moyennes proches de la normale en mars, avril, mai et juin succèdent les records de chaleur du mois de juillet : les températures y accusent un écart positif important sur les valeurs moyennes.

Au point de vue précipitations, on a noté des pluies excédentaires en janvier, février, mars. Les importantes précipitations du mois d'avril se sont accompagnées de températures très douces sur le massif vosgien, ce qui a accéléré la fonte du manteau neigeux.

(*) La "normale" est une moyenne calculée sur les données de 1959 à 1975.

Fig. 9 : TEMPERATURES A STATTMATTEN ET PRECIPITATIONS A LAUTERBOURG



Mai s'est avéré exceptionnellement pluvieux (235 % de la normale). Une situation météorologique particulière (retour d'Est) a provoqué une zone de précipitations continues et abondantes sur toute la région. Ces précipitations sont arrivées sur un sol saturé d'eau et des rivières déjà hautes.

Juin, Juillet et Août seront particulièrement déficitaires et confirmeront l'été très chaud, sec et bien ensoleillé de 1983.

DEUXIEME PARTIE

FLORE et FAUNE

I. FLORE

Le milieu naturel de la basse plaine rhénane est caractérisé par une végétation spontanée très caractéristique.

La connaissance de cette végétation contribue à l'étude de l'écologie et de la biologie des espèces culicidiennes. Le végétal, en effet, est un intégrateur précis des facteurs du milieu (caractères pédologiques, conditions d'hydromorphie etc...) et, partant, il traduit des conditions favorables ou défavorables au développement des espèces culicidiennes.

Cet aspect sera développé et précisé dans un chapitre ultérieur; D'ores et déjà, nous décrirons les caractères essentiels de la végétation de la basse plaine rhénane, en examinant tout particulièrement les groupements végétaux des milieux humides.

LES CONTRAINTES DU MILIEU :

La proximité du toit de la nappe phréatique, les inondations dues à l'affleurement de cette dernière et les débordements du Rhin sont les trois événements principaux qui déterminent les contraintes du milieu vis à vis des formations végétales. Ces facteurs écologiques ont sélectionné :

- des groupements végétaux herbacés du type "formations d'hélophytes",
- des groupements forestiers formant les fragments typiques de forêts alluviales.

1. L'inondation par remontée de nappe.

L'excès d'eau dû à la proximité du toit de la nappe phréatique peut éliminer arbres et arbustes, par manque d'oxygène moléculaire au niveau du substrat et asphyxie racinaire.

En effet, peu d'espèces des zones tempérées sont capables d'anaérobie.

Certaines essences ligneuses s'en approchent toutefois, l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) pousse sur des sols semi-asphyxiques riches en matières organiques ; de même pour le saule cendré (*Salix cinerea*).

Mais ce sont les hélophytes qui semblent apporter la meilleure réponse à ces contraintes du milieu. Les hélophytes sont en effet des plantes vivaces enracinées dans la vase, au moins périodiquement submergés. Les organes d'assimilation et de reproduction sont aériens.

C'est la présence d'aérenchyme, tissu aérifère permettant une diffusion gazeuse jusqu'aux racines, et la possibilité pour ces racines de passer en vie fermentaire sans conséquences pour la plante, par une déviation métabolique qui transforme le glucose en acide malique et non en éthanol (toxique), qui constituent les principales adaptations aux sols asphyxiques.

Cette forme d'inondation par remontée de nappe diffère fortement de celle due au débordement du Rhin.

On observe en effet un contraste très net de la qualité nutritive des eaux. Alors que la forêt du Rhin est envahie par les crues, ce sont des remontées de nappe phréatique qui se produisent dans tout le domaine situé au-delà de la digue des hautes eaux : en l'absence d'éléments fertilisants et compte-tenu de l'excès d'eau (facteur limitant pour les espèces ligneuses), cette forme d'inondation est plutôt favorable à des formations ouvertes du type prairie.

Les groupements végétaux d'hélophytes dans le secteur d'étude appartiennent tous à la classe phytosociologique du *Phragmitetea*.

2. Importance des variations du niveau d'eau.

Toutefois, les mouvements ascendants et descendants, qui s'établissent lors des fluctuations de nappe, font respirer le sol et, conjointement à la porosité du substrat, évitent les formations d'horizons profonds, compacts et asphyxiants. Le substrat des groupements forestiers rhénans est ainsi caractérisé par la bonne oxygénation de la frange racinaire, une activité biologique intense et des conditions favorables à la minéralisation de l'humus.

3. Les hautes eaux d'été et les débordements du Rhin.

Les débordements du Rhin entre les digues de hautes eaux constituent des événements très contraignants pour la végétation ainsi submergée. En effet, outre l'inhibition de croissance pour les jeunes plants qui peut durer plusieurs semaines par an, l'action d'érosion et d'alluvionnement due à la crue et les dégâts mécaniques ont sélectionné des espèces hautement spécialisées.

Ce sont les espèces du genre *Salix* qui forment la végétation pionnière dans ce milieu, grâce à leur aptitude à germer et à s'enraciner très rapidement. Les végétaux qui s'établissent et se développent lentement sont systématiquement éliminés.

Les hautes-eaux d'été jouent un rôle très positif dans l'alimentation hydrique des végétaux : les conditions sont pratiquement optimales pour la végétation arborescente. La crue estivale intervient en effet au moment où l'évapotranspiration est la plus élevée et où l'approvisionnement en eau serait limité. Les basses-eaux d'hiver permettent, quant à elles, un essorage prolongé des terrains, évitant ainsi l'asphyxie racinaire lorsque l'évapotranspiration est la moins élevée.

Enfin, l'apport d'éléments fertilisants par les eaux de débordements stimule la vitalité d'essences ligneuses exigeantes quant à la fertilité du sol telles que peupliers et ormes.

C'est la forte eutrophisation des eaux du Rhin , et aussi de la Sauer, qui favorise l'apport périodique de matières nutritives lors des inondations.

On distingue grossièrement la forêt alluviale pionnière à bois tendre (Saulaie et Saulaie-peupleraie) et dans les zones où les inondations diminuent de fréquence (sur les levées alluviales), la forêt à bois dur riche d'une quarantaine d'espèces ligneuses, à strates multiples (Chênaie à ormes et frênes).

Les rapports entre la flore et les espèces culicidiennes seront décrits dans un chapitre consacré à la cartographie écologique des gîtes larvaires.



II. FAUNE :

PRINCIPALES ESPECES ANIMALES PRESENTES DANS LE SECTEUR D'ETUDE.

La faune de la basse plaine rhénane, et tout particulièrement dans les zones humides permanentes ou temporaires, est à la fois variée et localement abondante.

Dans ce paragraphe, nous évoquerons les principales espèces de la faune vertébrée et invertébrée du secteur d'étude entre seltz et Lauterbourg.

Cet inventaire, loin d'être exhaustif, met l'accent tout particulièrement sur les espèces présentes dans les biocénoses au sein desquelles se développent les Culicinae, aux stades d'oeufs, de larves, de nymphes ou d'imagos.

Nous avons observé également les relations de prédation existant entre les moustiques et les autres espèces que l'on regroupe communément sous le terme de "faune annexe". Ces relations seront détaillées dans le chapitre troisième.

Nous nous contenterons ici d'évoquer les principales espèces observées.

1. La faune aquatique des zones humides permanentes ou temporaires.

1.1. Le plancton.

Le plancton des zones humides que nous avons observé est essentiellement constitué par des Crustacés et des Rotifères. Les Chlorophytes forment le phytoplancton.

Nous nous sommes limités à l'étude des principales espèces de Crustacés.

a) Liste systématique des Crustacés (Entomostracés) :

- Cladocères

. Famille des Daphniidae :

Daphnia pulex

Daphnia magna

Daphnia longispina

Ceriodaphnia sp.

Simocephalus expinosus

. Famille des Chydoridae

Chydorus sphaericus

- Copépodes libres

. Famille des Diaptomidae (Calanoïda)

Diaptomus castor

Eudiaptomus gracilis

. Famille des Canthocamptidae (Harpacticoïda)

Canthocamptus staphylinus

. Famille des Cyclopidae (Cyclopoïda)

Cyclops strenuus

Diacyclops bicuspidatus

- Ostracodes :

Cypris pubera

- Phyllopoies :

Apus cancriformis

Lepidurus apus (signalé par BECKER, 1980)

- Isopodes :

Asellus aquaticus

b) Milieus permanents (bras morts, étangs, mares....)

Ces milieux se caractérisent généralement par une superficie et une profondeur assez importantes, par la présence d'une végétation aquatique et une topographie plus ou moins complexe.

Ce sont les Cladocères qui dominent dans ces milieux.

On y trouve également des Copépodes.

Nous avons trouvé en particulier près des herbiers, des Cladocères périphtiques tels que *Simocephalus sp.* et *Chydorus sphaericus*.

Dans ce biotope se rencontrent également des espèces très peu pélagiques telles que *Canthocamptus staphylinus*.

c) Milieus temporaires : (zones inondables, flaques, ornières, affleurements de nappe....)

Dans ces milieux, on distingue également la fraction benthique, à proximité des sédiments et des débris végétaux, de la fraction pélagique formant le limnoplanton des zones peu profondes.

* Fraction benthique :

On y retrouvera les genres cités précédemment : *Simocephalus*, *Chydorus* et *Canthocamptus*, et des Ostracodes (*Cypris pubera*)

* Fraction pélagique :

Les Cladocères (*Daphniidae*) et les copépodes (Cyclopoïdes et Calanoïdes) forment l'essentiel de ce limnoplanton des milieux peu profonds.

Quant aux Cyclopoïdes tels que *Cyclops stenuus*, ils sont présents à la fois en pleine eau et sur les sédiments.

Selon J. TETART (1973), la faune de ces milieux temporaires subit une évolution plus ou moins profonde au cours d'une mise en eau ou d'une succession de mises en eau. Cette évolution se fait souvent par phases au cours desquelles la fréquence relative d'une espèce, puis d'une autre, devient élevée, souvent comprise entre 90 et 100 %.

Nous avons nous-mêmes pu observer ces phases qui se produisent surtout au niveau de la fraction pélagique :

- une première dominée par les Copépodes (Cyclopoïdes le plus souvent, accompagnés de Calanoïdes dans certaines stations),
- une deuxième phase, à dominance de Cladocères.

L'évolution des fractions benthiques est beaucoup plus progressive.

d) Adaptations des espèces à l'assèchement :

Les Cladocères supportent les périodes d'exondation grâce à leurs oeufs de durée. (ex : *Daphnia pulex*)

Les Copépodes tels *Diaptomus castor* éclosent en automne et semblent nécessiter un assèchement estival pour cette éclosion.

Enfin, on peut citer l'espèce benthique *Canthocamptus staphylinus* dont les individus à tous les stades, y compris les femelles ovigères, sont capables de survivre à de longues exondations.

Crustacés et Rotifères constituent une nourriture indispensable à de très nombreuses espèces planctonivores dans ces milieux.

1.2. La microfaune.

Nous évoquerons sous ce terme les espèces invertébrées de la faune aquatique, et en particulier dans les eaux stagnantes.

a) Turbellariés :

Trois espèces représentent cette classe, appartenant à l'ordre des Triclades, sous-ordre des Paludicoles :

Dugesia lugubris

Planaria gonocephala

Polycelis nigra.

b) Gastéropodes :

Plusieurs familles de gastéropodes basommatophores d'eau douce sont représentées par huit espèces :

Lymnaeidae : - *Lymnaea stagnalis*

- *Lymnaea (Galba) palustris*

Physidae : - *Aplexa hypnorum*

- Planorbidae : - *Planorbis planorbis*
 - *Anisus vortex*
 - *Anisus spirorbis*
 - *Segmentina nitida*

Bythinellidae :- *Bithynia tentaculata*

c) Acariens :

Des représentants du genre *Hydracarina* sont très répandus dans toutes les collections d'eau.

d) Insectes :

* Odonates :

Les larves d'Odonates sont très fréquemment récoltées dans les prélèvements en eaux stagnantes, et en eaux courantes.

Les adultes ne sont pas limités à la proximité des eaux et se dispersent largement grâce à une grande facilité de vol.

- Sous-ordre des Zygoptères :

- ° Agrionidae (larves dans les eaux plutôt courantes)

Agrion splendens

Agrion virgo

- ° Lestidae (présentes en troupes nombreuses au bord des eaux, stagnantes et courantes)

Lestes sponsa

- ° Coenagrionidae (eaux stagnantes)

Coenagrion puella

- Sous-Ordre des Anisoptères : (libellules vraies)

- ° Aeschnidae (eaux stagnantes)

Anax imperator

Aeschna grandis

- ° Libellulidae

Libellula depressa

* Hétéroptères :

- Groupe des Amphibicorises : il s'agit des hétéroptères vivant à la surface de l'eau.

- Hydrometridae : *Hydrometra stagnorum*
- Velidae : *Microvelia sp.*
- Gerridae : *Gerris lacustris*

- Groupe des Hydrocorises

- Nepidae : *Nepa rubra*
Ranatra linearis
- Notonectidae : *Notonecta glauca*
- Naucoridae : *Ilyocoris cimicoïdes*
- Pleidae : *Plea minutissima (= Plea atomaria)*
- Corixidae : *Corixa punctata*
Sigara falleni
Sigara striata
Micronecta sp.

* Epheméroptères :

Les espèces n'ont pas été déterminées mais cet ordre est quantitativement bien représenté.

* Trichoptères :

Plusieurs espèces occupent tous les milieux aquatiques permanents.

* Coleoptères :

Trois familles sont représentées : Dysticidae et Gyrinidae généralement carnassiers et très voraces. Hydrophilidae plutôt omnivores et principalement végétariens (les larves peuvent être carnassières).

Plusieurs espèces ont été déterminées d'après leurs larves.

- Dysticidae : *Laccophilus minutus*
Hyphidrus ovatus
Coelambus impressopunctatus
Hydroporus palustris
Hydroporus melanarius
Agabus bipustulatus
Agabus chalconotus
Rhantus latitans
Rhantus pulverosus
Rhantus consputus
Acilius sulcatus
Dysticus marginalis
Noterus sp.
- Gyrinidae : *Gyrinus natator*
- Hydrophilidae : *Hydrophilus caraboïdes* (= *Hydrous caraboïdes*)
Berosus signaticollis
Anacaena limbata
Laccobius sinuatus

* Diptères :

C'est à cet ordre qu'appartiennent la plupart des espèces présentes dans les milieux aquatiques aux côtés des moustiques.

- Culicidae : nous passerons sur les Culicinae qui font l'objet du chapitre deuxième.

Les larves de Dixinae et de Chaoborinae sont nombreuses, surtout dans les milieux permanents ou semi-temporaires.

Suite à BECKER (1980), nous avons déterminé entre autre les larves de *Mochlonyx sp.* (Chaoborinae), puissants prédateurs de la microfaune.

- Tipulidae : *Tipula sp.*
Limnobia sp.

- Psychodidae
- Ceratopogonidae : des prélèvements de boue ont été effectués et les espèces suivantes ont été obtenues.
(DELECOLLE, 1982 - RIEB, 1983)
 - *Alluaudomyia pentaspila*
 - *Palpomyia lineata*
 - *Bezzia annulipes*
 - *Stilobezzia flavirostris*
 - *Bezzia flavicornis*
 - *Culicoïdes musilator*
 - *Culicoïdes odibilis*
 - *Culicoïdes pictipennis* (cette espèce est plutôt inféodée aux gîtes temporaires).
 - *Culicoïdes circumscriptus* (une espèce réputée halophile....)

NOTA : Plusieurs espèces de Culicinae sont inféodées à un type de gîte très particulier : les creux d'arbres. Dans ces creux d'arbres, outre quelques Lipulidae, ce sont les Ceratopogonidae qui sont le mieux représentés par les espèces suivantes dans notre région :

- Culicoïdes sylvarum
 - Culicoïdes semimaculatus
 - Culicoïdes fagineus
- (exceptionnellement Culicoïdes obsoletus)

1.3. La macrofaune :

a) Poissons :

Les données de G. BURKARD (comm. pers., 1983) sur la faune ichtyologique dans le secteur d'étude entre Seltz et Munchhausen sont les suivantes :

- Les cours d'eau (Vieille Lauter, Seltzbach, Sauer, Rhin) et les bras morts du Rhin ainsi que les gravières appartiennent à la 2e catégorie, c'est-à-dire cours d'eau esoci-cyprinicoles.

Dans ce secteur, toutes les eaux citées, mis à part le Rhin, appartiennent à la "zone à Brème" dans la classification de HUET et au niveau typologique ichtyologique B₈ dans la classification de VERNEAUX.

- Le Rhin à l'aval de Beinheim peut être classé "zone à Barbeau" dans la classification de HUET et correspond au niveau typologique B₄ - B₅ dans la classification de VERNEAUX.

* Les gravières (en particulier celles de Seltz et de Munchhausen) renferment les espèces piscicoles suivantes :

- Brème (*Abramis brama*) : très abondante
- Gardon (*Leuciscus rutilus*) : abondant
- Brème bordelière (*Blicca bjoekna*) : abondante
- Carpe écaille et miroir (*Cyprinus carpis*) rare à peu abondante
- Tanche (*Tinca tinca*) peu abondante
- Anguille (*Anguilla anguilla*) relativement abondante
- Brochet (*Esox lucius*), Sandre (*Stizostedion lucisperca*), Perche (*Perca fluviatilis*) en relative abondance suivant les saisons ; notamment dans la gravière de Munchhausen il a été mis en évidence, par baguage, un constant va et vient de brochets entre cette gravière et le Rhin.

* Sauer et bras de la Sauer

Cyprinidés : Brèmes, brèmes bordelières, Gardons et Rotengles (*Scardinius erythrophthalmus*) : abondants

Carpes et Tanches : peu abondantes à abondantes,

Carassin (*Carassius carassius*) : peu abondant

Chevesne (*Leuciscus cephalus*) et Ablette (*Alburnus alburnus*) : plutôt rares.

Présence de la Loche d'étang (*Misgurnus fossilis*) dans les bras de la Sauer.

Entre la confluence avec le Rhin et le pont de Munchhausen, présence relativement rare mais permanente de la Lotte de rivière (*Lotta lotta*).

Carnassiers : Présence de petites Sandres dans la rivière ; au niveau de la confluence avec le Rhin, Sandres de grande taille venant du Rhin.

Perche : abondante

Brochet : abondant

Anguilles : abondantes.

* Vieille Lauter :

Peu poissonneuse car actuellement très envasée. On y trouve les mêmes espèces que dans la Sauer, mais en quantité moindre.

* Bras morts du Rhin et champs d'inondation

Les bras morts du Rhin et les champs d'inondation du Rhin à Lauterbourg (en-deça de la digue des hautes eaux), ainsi que les champs d'inondation entre Munchhausen et Mothern sont d'excellentes frayères pour les brochets et les carpes venus du Rhin à l'occasion des crues du fleuve.

En plus de ces espèces, on y trouve gardons, brèmes et rotengles en abondance, quelques alettes, anguilles, sandres, perches plutôt rares.

* Rhin :

En plus des espèces piscicoles citées pour la Sauer, on y trouve le barbeau (*Barbus fluviatilis*), le hotu (*Chondrostoma nasus*), la truite arc-en-ciel (*Salmo irideus*) et comme grand migrateur, la truite de mer (*Salmo trutta*).

b) Amphibiens :

Cette classe est bien représentée dans le secteur d'étude.

Nous citons les espèces qui ont été observées pendant la période 1981 - 1983. On notera la présence de la grenouille des champs (*Rana arvalis*), très localisée, et du pélobate brun (*Pelobates fuscus*) dont la répartition dans ce secteur n'était pas bien connue (sauf dans le delta de la Sauer).

Anoures : Grenouille verte (*Rana esculenta*)
 Grenouille rousse (*Rana temporaria*)
 Grenouille agile (*Rana dalmatina*)
 Grenouille des champs (*Rana arvalis*)

Crapaud commun (*Bufo bufo*)
 Crapaud des joncs (*Bufo calamites*)
 Pélobate brun (*Pelobates fuscus*)
 Rainette (*Hyla arborea*)

Urodèles : Salamandre (*Salamandra salamandra*)
 Triton palmé (*Triturus helveticus*)
 Triton ponctué (*Triturus vulgaris*)
 Triton alpestre (*Triturus alpestris*)

c) Reptiles

Dans cette classe, on notera la présence régulière dans les milieux aquatiques de la Couleuvre à collier (*Natrix natrix*)

2. La faune terrestre et aérienne.

Autour des zones humides du secteur d'étude se développe une faune terrestre et aérienne particulièrement riche et variée.

Nous citerons les principales espèces observées, oiseaux et mammifères surtout.

La présence de plusieurs espèces d'oiseaux insectivores sera reprise dans le chapitre troisième.

a) Reptiles

- Lézard des murailles (*Podarcis muralis*)
- Lézard des souches (*Lacerta agilis*)
- Orvet (*Anguis fragilis*)

b) Oiseaux

La liste systématique qui suit ne concerne que le secteur entre Munchhausen et Lauterbourg et prouve la très grande richesse de ce secteur rhénan.

Espèces nicheuses.

Grèbe huppé	Foulque macroule
Grèbe castagneux	Vanneau huppé
Cygne tuberculé	Petit gravelot
Canard colvert	Chevalier guignette
Canard chipeau	Pigeon biset domestique
Fuligule milouin	Pigeon ramier
Fuligule morillon	Tourterelle des bois
Buse variable	Tourterelle turque
Epervier d'Europe	Coucou gris
Autour des palombes	Chouette effraie
Milan noir	Hibou moyen-duc
Busard des roseaux	Chouette chevêche
Faucon crecerelle	Chouette hulotte
Perdrix grise	Martinet noir
Faisan de Colchide	Martin pêcheur
Poule d'eau	Pic vert

Pic épeiche	Rossignol philomèle
Pic cendré	Gorgebleue
Pic épeichette	Rougegorge
Pic noir	Locustelle tachetée
Cochevis huppé	Rousserolle turdoïde
Alouette des champs	Rousserolle effarvate
Hirondelle de cheminée	Fauvette des jardins
Hirondelle de fenêtre	Fauvette à tête noire
Hirondelle de rivage	Pouillot véloce
Loriot d'Europe	Pouillot fitis
Corneille noire	Pouillot siffleur
Choucas des tours	Gobe-mouche gris
Pie bavarde	Accenteur mouchet
Geai des chênes	Pipit des arbres
Mésange charbonnière	Bergeronnette grise
Mésange bleue	Bergeronnette printanière
Mésange nonnette	Pie-grièche grise
Mésange à longue queue	Pie-grièche écorcheur
Sittelle torchepot	Etourneau sansonnet
Grimpereau des jardins	Verdier
Troglodyte	Chardonneret
Grive musicienne	Linotte mélodieuse
Grive litorne	Pinson des arbres
Merle noir	Bruant jaune
Traquet pâtre	Bruant des roseaux
Rouge-queue noir	Moineau domestique
	Moineau friquet.

A ces espèces nicheuses s'ajoutent les espèces hivernantes non nicheuses observées principalement sur le Rhin, la Sauer et les gravières :

Oie des moissons	Fuligule milouinan	Goeland marin
Grand cormoran	Garrot à oeil d'or	Héron cendré
Cygne sauvage	Macreuse brune	Harle piette
Sarcelle d'hiver	Eider à duvet	Pinson du Nord.
Sarcelle d'été	Harle huppé	
Canard siffleur	Mouette rieuse	
Canard pilet	Canard souchet	

c) Mammifères :

- Insectivores : Hérisson d'Europe
Musaraignes (Soricidae)
Taupe
- Cheiroptères : cet ordre comprend les prédateurs les plus efficaces de culicidés (adultes).

De nombreux individus ont été observés mais les espèces n'ont pas encore pu être inventoriées.
- Carnivores : Renard, Blaireau, Hermine, Belette, Fouine
Martre, Putois.
- Ongulés artiodactyles : Sanglier,
Chevreuil.
- Rongeurs : Gliridae (Lérot, Loir, Muscardin)
Muridae (Hamster, Campagnols, Rat noir et surmulot, Souris....)
Sciuridae (Ecureuil)
Microtidae (Rat musqué)
Myocastoridae (Ragondin)
- Lagomorphes : Lièvre et lapin.

CHAPITRE DEUXIEME

LES CULICINAE EN ALSACE

PREMIERE PARTIE

HISTORIQUE DE L'ETUDE DES CULICINAE EN ALSACE

PREMIERE PARTIE

HISTORIQUE DE L'ETUDE DES CULICINAE EN ALSACE

I. TRAVAUX ANTERIEURS

L'étude de la faune culicidienne d'Alsace a été marquée principalement par trois auteurs auxquels nous devons l'essentiel des connaissances sur les moustiques de notre région.

L'abondance des moustiques a alarmé les pouvoirs publics allemands pendant la guerre 1914-1918. Par crainte de propagation de certaines épidémies dues aux brassages de population et à leur densité, le Gouvernement Impérial avait chargé une commission d'hygiénistes et d'entomologistes de s'occuper de la question. Le premier travail sérieux sur les moustiques d'Alsace a été fait par Fritz ECKSTEIN, entomologiste, et parut en 1918 dans la revue : "Zentralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde". On notera que F. Eckstein était présent à l'Institut d'Hygiène de Strasbourg pendant la deuxième guerre mondiale et y fut tué lors du bombardement en 1944....

Une publication très détaillée sur "les moustiques rares ou peu connus d'Alsace" parue dans Diptera en 1951 représente la trace d'un important travail réalisé avant et après la guerre de 1939 - 1945 par Emile NOELDNER dans les laboratoires du Musée Zoologique de Strasbourg. Une collection de moustiques et de nombreuses notes manuscrites dans les ouvrages de la bibliothèque du Musée témoignent de ces travaux.

Enfin, c'est certainement au Pr Jacques CALLOT que nous devons l'essentiel des connaissances sur les culicidés d'Alsace.

De très nombreux travaux, suivis d'autant de publications, sur tous les aspects de la connaissance de l'écologie, de la biologie et de la systématique des culicidés. En outre, une bibliographie très étendue sur le sujet a été rassemblée à la bibliothèque de l'Institut de Parasitologie de Strasbourg.

Quelques autres travaux ou publications traitent des espèces culicidiennes d'Alsace. Nous citerons, parmi d'autres, "la répartition des moustiques de France" de RAGEAU, ABONNENC et MOUCHET (1972) et le rapport de mission sur une étude ponctuelle menée en mai 1981 par COUSSERANS et GABINAUD.

1. Les espèces signalées en Alsace.

L'établissement des synonymies entre les différents noms ayant permis de désigner les espèces dans les publications successives est un préalable à l'étude comparative des inventaires dont nous disposons.

C'est ainsi que dans la liste systématique des moustiques d'Alsace, F. ECKSTEIN (1918) présente les critères de détermination des femelles pour 20 espèces dont voici la liste :

- *Culex pipiens*
- *Culex territans*
- *Culiseta glaphyroptera*
- *Culiseta annulata*
- *Culicella morsitans*
- *Culicella theobaldi*
- *Culicada diversa*
- *Culicada cantans*
- *Culicada annulipes*
- *Culicada nemorosa*
- *Culicada nigrina*
- *Culicada lateralis*
- *Culicada dorsalis*
- *Culicada vexans*
- *Culicada ornata*
- *Aedes cinereus*
- *Anopheles maculipennis*
- *Anopheles bifurcatus*
- *Anopheles nigripes*
- *Mansonia richiardii*.

Pour certaines espèces, la dénomination est toujours valable : *Culex pipiens*, *Culex territans*, *Culiseta glaphyroptera*, *Culiseta annulata*, *Aedes cinereus* et *Anopheles maculipennis*.

Pour d'autres espèces, on peut établir de façon sûre la correspondance avec la taxonomie actuelle :

- *Culicella morsitans* = *Culiseta* (*Culicella*) *morsitans*
- *Culicada cantans* = *Aedes cantans*
- *Culicada annulipes* = *Aedes annulipes*
- *Culicada vexans* = *Aedes vexans*
- *Culicada diversa* = *Aedes rusticus*
- *Culicada nemorosa* = *Aedes communis*
- *Culicada ornata* = *Aedes geniculatus*
- *Anopheles nigripes* = *Anopheles plumbeus*
- *Anopheles bifurcatus* = *Anopheles claviger*
- *Mansonia richiardii* = *Coquillettidia richiardii*

Enfin, quelques espèces décrites par ECKSTEIN posent problème quant à la correspondance avec les taxons actuels :

- *Culicella theobaldi* pourrait désigner *Culiseta fumipennis*,
- *Culicada nigrina* et *Culicada lateralis* pourraient désigner une seule et même espèce : *Aedes sticticus*,
- *Culicada dorsalis* correspond certainement à *Aedes dorsalis*, mais la ressemblance de cette espèce avec *Aedes caspius* laisse subsister un doute.

Dans un rapport adressé le 29 Septembre 1946 au Dr Cayet, Inspecteur Divisionnaire de la Santé, par le Pr CALLOT, la liste des culicidés d'Alsace est composée de 25 espèces :

- *Anopheles maculipennis* (*messeae* et *melanoon*)
- *Anopheles claviger*
- *Anopheles plumbeus*
- *Culex pipiens pipiens*
- *Culex theileri*
- *Culex apicalis*
- *Theobaldia morsitans*
- *Theobaldia fumipennis*
- *Theobaldia annulata*
- *Theobaldia glaphyroptera*
- *Theobaldia alaskaensis*
- *Mansonia richiardii*
- *Aedes vexans*
- *Aedes cinereus*
- *Aedes geniculatus*
- *Aedes sticticus*
- *Aedes caspius*
- *Aedes dianiaeus*
- *Aedes rusticus*
- *Aedes subdiversus*
- *Aedes communis*
- *Aedes punctor*
- *Aedes cantans*
- *Aedes annulipes*
- *Aedes excrucians*

Du point de vue taxonomique, on précisera que le genre *Mansonia* est devenu *Coquillettidia*, le genre *Theobaldia* est devenu *Culiseta*. En outre, *Culex apicalis* a repris son nom de *Culex territans* et *Aedes subdiversus* correspondant à *Aedes refiki*.

C'est en 1951 que parut le dernier inventaire des culicidés d'Alsace, publié par NOELDNER. Pour les synonymies, les remarques concernant la liste de CALLOT (1946) restent valables. On ajoutera que *Culex exilis* correspond à *Culex torrentium* et que *Aedes lateralis* et *Aedes concinnus* correspondent certainement à *Aedes sticticus*, ce qui réduit le nombre d'espèces signalées par NOELDNER à 30.

A la suite de CALLOT (décembre 71), nous rajouterons *Aedes detritus* signalé dans les gîtes salés du bassin potassique dans le Haut-Rhin.

On aboutit ainsi à la liste des espèces signalées en Alsace, comprenant finalement trente et une espèces à ce jour.



Dans cette liste exhaustive ont été mentionnées toutes les espèces culicidiennes qui ont été observées en Alsace, à l'état d'oeufs, de larves, de nymphes ou d'imagos.

Il est clair que certaines espèces sont exceptionnelles et leur découverte dans la région reste très sporadique (ex : *Culiseta glaphyroptera*, *Aedes diantaeus*....)

D'autres espèces sont observées régulièrement, bien que leurs populations soient plutôt limitées (ex : *Culex hortensis*, *Aedes geniculatus*....)

Pour certaines espèces, enfin, l'étendue et le nombre des gîtes engendrent des proliférations telles qu'il est absolument impossible d'ignorer leur présence dans la région (ex : *Aedes vexans*, *Culex pipiens*....)



LISTE DES CULICINAE D'ALSACE

I. TRIBU DES ANOPHELINI :

Genre *Anopheles* MEIGEN

Sous-genre *Anopheles* MEIGEN

1. *Anopheles (Anopheles) maculipennis (MEIGEN, 1801)*

Sergent et Trenszt (1935) ont signalé dans les environs de Strasbourg les deux biotypes :

Anopheles maculipennis messeae
Anopheles maculipennis melanoon

CALLOT (1953) signale également le biotype :

Anopheles maculipennis maculipennis (typicus)

2. *Anopheles (Anopheles) claviger (MEIGEN, 1804)*

3. *Anopheles (Anopheles) plumbeus (STEPHENS, 1828)*

II. TRIBU DES CULICINI :

a) Genre *Aedes* MEIGEN

- Sous-genre *Aedes* MEIGEN

4. *Aedes (Aedes) cinereus (MEIGEN, 1818)*

- Sous-genre *Finlaya* THEOBALD

5. *Aedes (Finlaya) geniculatus (OLIVIER, 1791)*

- Sous-genre *Aedimorphus* THEOBALD

6. *Aedes (Aedimorphus) vexans (MEIGEN, 1830)*

- Sous-genre *Ochlerotatus* LYNCH ARRIBALZAGA

7. *Aedes (Ochlerotatus) rusticus (ROSSI, 1790)*

8. *Aedes (Ochlerotatus) punctor (KIRBY, 1837)*

9. *Aedes (Ochlerotatus) sticticus (MEIGEN, 1838)*

10. *Aedes (Ochlerotatus) communis (DE GEER, 1776)*

11. *Aedes (Ochlerotatus) detritus (HALIDAY, 1833)*

12. *Aedes (Ochlerotatus) caspius (PALLAS, 1771)*

13. *Aedes (Ochlerotatus) dorsalis (MEIGEN, 1830)*

14. *Aedes (Ochlerotatus) excrucians* (WALKER, 1856)
 15. *Aedes (Ochlerotatus) diantaeus* (HONARD, DYAR, KNAB, 1917)
 16. *Aedes (Ochlerotatus) refiki* (MEDJID, 1928)
 17. *Aedes (Ochlerotatus) cantans* (MEIGEN, 1818)
 18. *Aedes (Ochlerotatus) annulipes* (MEIGEN, 1830)
- b) Genre *Culex* LINNE
- Sous-genre *Culex* LINNE
 - 19. *Culex (Culex) pipiens* (LINNE, 1758)
 - 20. *Culex (Culex) torrentium* (MARTINI, 1924)
 - 21. *Culex (Culex) theileri* (THEOBALD, 1903)
 - Sous-genre *Neoculex* DYAR
 - 22. *Culex (Neoculex) hortensis* (FICALBI, 1889)
 - 23. *Culex (Neoculex) territans* (WALKER, 1856)
- c) Genre *Culiseta* SCHRANK
- Sous-genre *Culiseta* SCHRANK
 - 24. *Culiseta (Culiseta) annulata* (SCHRANK, 1776)
 - 25. *Culiseta (Culiseta) subochrea* (EDWARDS, 1921)
 - 26. *Culiseta (Culiseta) alaskaensis* (LUDLON, 1906)
 - 27. *Culiseta (Culiseta) glaphyoptera* (SCHINER, 1864)
 - Sous-genre *Culicella* FELT
 - 28. *Culiseta (Culicella) morsitans* (THEOBALD, 1901)
 - 29. *Culiseta (Culicella) fumipennis* (STEPHENS, 1825)
 - Sous-genre *Allotheobaldia* BROLEMANN
 - 30. *Culiseta (Allotheobaldia) longearcolata* (MACQUART, 1830)
- d) Genre *Coquillettidia* DYAR
- Sous-genre *Coquillettidia* DYAR
 - 31. *Coquillettidia (Coquillettidia) richiardi* (FICALBI, 1889)

2. Travaux allemands dans la plaine du Rhin.

Un certain nombre d'observations ont été réalisées en République Fédérale d'Allemagne par des chercheurs de l'université de Heidelberg. En effet, d'importantes opérations de limitation de la nuisance due aux moustiques dans la plaine du Rhin ont amené ces chercheurs à approfondir la connaissance des culicidés d'Allemagne, étudiés jadis par PEUS et MOHRIG.

Ainsi, une publication de BECKER et LUDWIG (1981) décrit les culicinae d'un secteur d'étude situé entre Karlsruhe et Mannheim, de part et d'autre du Rhin. Ce secteur est contigu à notre zone d'étude.

La liste des culicinae observés est donc la suivante :

<i>Aedes vexans</i>	<i>Culiseta morsitans</i>
<i>Aedes sticticus</i>	<i>Culiseta annulata</i>
<i>Aedes rossicus</i>	<i>Culiseta alaskaensis</i>
<i>Aedes cinereus</i>	<i>Culex pipiens</i>
<i>Aedes caspius</i>	<i>Culex modestus</i>
<i>Aedes leucomelas</i>	<i>Culex territans</i>
<i>Aedes flavescens</i>	<i>Anopheles maculipennis</i>
<i>Aedes annulipes</i>	<i>Anopheles claviger</i>
<i>Aedes cantans</i>	<i>Anopheles plumbeus</i>
<i>Aedes cataphylla</i>	<i>Mansonia richiardi</i>
<i>Aedes rusticus</i>	
<i>Aedes communis</i>	
<i>Aedes punctor</i>	
<i>Aedes diantaeus</i>	
<i>Aedes geniculatus</i>	

La plupart de ces espèces ont été observées en Alsace.

Cependant, on relèvera cinq espèces n'ayant jamais été signalées dans notre région : *Aedes rossicus*, *Aedes flavescens*, *Aedes leucomelas*, *Aedes cataphylla* et *Culex modestus*.

Il faut noter que *Aedes cataphylla* et *Aedes flavescens* n'ont été observés qu'une seule fois.

Pour *Aedes rossicus*, nous y reviendrons dans la monographie d'*Aedes cinereus* dans la troisième partie de ce chapitre.

La présence d'*Aedes cataphylla* est surprenante : tous les auteurs s'accordent en effet pour désigner cette espèce comme montagnarde.

Les larves n'ont jamais été trouvées qu'entre 500 et 1200 mètres. Les femelles n'ont jamais été observées en-dessous de 400 mètres d'altitude.

Il en va de même pour *Culex modestus*, décrit par RIOUX (1958) comme une espèce méditerranéenne présentant une avancée vers la Russie méridionale par la plaine de la Volga et quelques stations ectopiques le long du littoral atlantique. En fait, ce moustique est signalé de façon sporadique dans diverses régions continentales : en France particulièrement dans la Loire, l'Ain, le Rhône, la Vienne. Sa présence en Alsace n'est pas à exclure, mais à surveiller.

Les autres observations sont concordantes avec les nôtres.



II. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES ESPECES

On peut distinguer des espèces à vastes répartition (holarctiques) et les espèces typiquement paléarctiques, au sein desquelles on trouvera des espèces plus méridionales que d'autres.

- Espèces holarctiques à vaste répartition : *Culex pipiens*, *Culex territans*, *Culiseta morsitans*, *Aedes vexans*, *Aedes excrucians* (bien que sporadique), *Anopheles maculipennis*.

- Espèces holarctiques septentrionales : *Aedes cinereus*, *Aedes sticticus*, *Aedes dorsalis*, *Aedes communis*, *Aedes punctor*.

- Espèces paléarctiques à vaste répartition : *Culiseta annulata*, *Culiseta subochrea*, *Coquillettidia richiardii*, *Aedes caspius*, *Aedes cantans*, *Aedes annulipes*, *Aedes geniculatus*, *Aedes detritus*, *Culex torrentium*.

- Espèces paléarctiques méditerranéennes : *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culiseta longiareolata*, *Anopheles claviger*.

- Espèces paléarctiques européennes : *Culiseta fumipennis*, *Aedes rusticus*, *Aedes refiki*, *Anopheles plumbeus*.

- Espèce paléarctique euro-sibérienne : *Culiseta alaskaensis*

- Enfin, deux espèces très sporadiques n'ont pas d'appartenance biogéographique très déterminée : *Culiseta glaphyoptera*, *Aedes diantaeus*.

On notera ainsi, outre la présence des espèces à vaste répartition, l'existence dans la région d'espèces tant méridionales que septentrionales. On relèvera enfin la présence d'espèces "littorales" telles que *Aedes caspius*, et surtout *Aedes detritus*. En revanche, les Vosges n'accueillent aucune des espèces orophiles que l'on trouve dans les Alpes, le Massif-Central ou le Jura.



DEUXIEME PARTIE

ROLE PATHOGENE des MOUSTIQUES D'ALSACE

LE PALUDISME EN ALSACE

"On a vu souvent des armées infligées de maladies pour avoir campé dans les lieux marécageux. La campagne de 1691 jeta dix mille malades de l'armée dans les hôpitaux d'Alsace, pour avoir campé dans un marais. On ne put tenir longtemps un camp retranché à Lauterbourg, par rapport à la vapeur qui s'élevait d'un marais qui était en-dessous."

Extrait d'une lettre de B. MAUGUE

«D.M. et Inspecteur Général des Hopitaux du Roy
Archiatre d'alsace
Chevalier de l'Ordre de St Michel».

publiée dans le Journal des Sçavans de Juillet 1722.

I. LE PALUDISME EN ALSACE

C'est à J. CALLOT et V. ROCHEDIEU-ASSEMACHER que nous devons une synthèse très précise sur l'historique, l'extension et les causes de régression du paludisme en Alsace. Nous rapportons ici les faits essentiels de cette maladie dans notre région, avec quelques observations personnelles.

1. L'histoire du paludisme en Alsace.

Le paludisme qui a sévi en Alsace pendant plusieurs siècles était un paludisme à *Plasmodium vivax* et aussi à *Plasmodium malariae*.

Les traces historiques de cette maladie sont assez nombreuses, si l'on admet que les termes impaludisme, fièvres intermittentes, fièvres palustres sont des synonymes de paludisme.

C'est dans un ouvrage de botanique publié par J. Ch. EHRMANN en 1741 que l'on trouve une des premières traces au travers d'une remarque sur l'usage de certaines plantes comme la camomille dans le traitement des fièvres intermittentes. Il compare même cette plante au quinquina.

Mais c'est une publication de MAUGUE dans le Journal des Sçavans de juillet 1722, suivi de son "Histoire naturelle de la province d'Alsace" dont le manuscrit est conservé à la Bibliothèque Nationale, que l'on trouve des allusions précises à de nombreuses "fièvres intermittentes". Il relie ces affections au séjour dans les marais, à certaines conditions météorologiques et insiste sur "la variabilité du temps qui dérègle la santé, particulièrement en été". Selon cet auteur "l'hiver prolonge en Alsace les fièvres quartes et le printemps y réveille les fièvres tierces, puis au printemps et en été y règnent les fièvres intermittentes.

Plusieurs auteurs du XVIIIe et XIXe siècles reviennent sur ces fièvres. RENAUDIN (1722) considère que "les fièvres intermittentes sont endémiques le long du Rhin".

Le lien est établi à plusieurs reprises entre les fièvres intermittentes et la présence de marais ou d'eaux stagnantes. Ainsi, GRAFFENAUER souligne (en 1808) "l'insalubrité du faubourg de la Robertsau et du danger des canaux et des fossés entourant la ville".

Ils distinguent aussi la fréquence des fièvres dans les campagnes, en particulier le long du Rhin, et le petit nombre de malades en ville (à Strasbourg en particulier).

C'est un membre de la société de médecine, FORGET, qui lancera en 1854 la phrase célèbre sur "Strasbourg, la Venise alsacienne".

En 1825, un pas important est franchi avec l'introduction, dans la thérapeutique du paludisme local, du sulfate de quinine par Joseph TOURDES.

Des observations fournies par BASTIEN (1848) sur les attaques dues aux moustiques le long du Rhin suivies de fièvres intermittentes parmi les membres de sa famille, présagent de la découverte du rôle vecteur joué par ces moustiques : cet auteur n'y a pas songé pourtant !

2. La régression du paludisme en Alsace.

C'est à partir du début du XIXe siècle que les chiffres glanés dans les statistiques d'établissements hospitaliers ou pénitentiaires, ainsi que les données fournies par des médecins sur leur clientèle, permettent d'apprécier l'importance de l'endémie.

On peut tirer de ces chiffres des pourcentages de 10 à 15 % de paludéens dans les hôpitaux, allant jusqu'à 40 et 75 % dans les hôpitaux militaires lors d'années comme 1825, suite probablement aux inondations de 1824.

Un certain nombre d'épidémies sont ainsi répertoriées et permettent de situer les foyers de la plaine d'Alsace. On constate ainsi que, centrés sur Strasbourg, les foyers s'étendent au nord jusqu'à la frontière du Palatinat, au sud tout au long du Rhin, au nord-ouest dans la vallée de la Zorn et à l'ouest dans celle de la Bruche.

Grâce à une enquête entreprise par l'administration en 1873 et 1874, on peut suivre approximativement la régression de la morbidité.

Dans certains villages (ex : HATTEN), le paludisme est cité en 1865 comme une maladie d'autrefois. L'endémie est signalée en 1877 comme "en régression très marquée à Strasbourg et dans sa banlieue, ainsi que dans l'arrondissement de Sélestat".

Quelques cas sont signalés en 1883 à Colmar et Bollwiller (Haut-Rhin).

C'est en 1901 que l'on fit le premier diagnostic hématologique d'un paludisme probablement autochtone chez un habitant d'un quartier de Strasbourg, la Robertsau.

Nous avons signalé déjà les mesures prises par les autorités allemandes pendant la guerre de 1914 - 1918, avec la création d'un service entomologique chargé de l'étude et de la destruction des culicidés, sous la direction de F. ECKSTEIN.

Entre les deux guerres, on a relevé deux cas de paludisme autochtone (à Reichshoffen et Sélestat).

En fait, à l'instar des autres régions de France, l'importation de virus (comme lors de retours de prisonniers de guerre provenant de zones impaludées) n'a plus jamais réussi à créer de véritable épidémie.

L'Alsace constitue de ce fait, une région d'anophélisme sans paludisme.

3. Les causes de la régression.

Les raisons de la régression "spontanée" du paludisme ont intrigué de nombreux hygiénistes et parasitologues. Comme le précise CALLOT (1953), "ce phénomène reste aussi facile à constater que délicat à interpréter".

Parmi les raisons plausibles que l'on peut évoquer, aucune ne constitue à elle seule une explication suffisante et définitive de la régression du paludisme. Ainsi, c'est probablement la convergence des divers faits décrits ci-dessous qui a permis d'aboutir à une élimination de cette endémie.

3.1. L'anophélisme.

La suppression du paludisme par destruction du vecteur à la suite de travaux d'assèchement a été proclamée dans bien des régions et en Alsace en particulier.

En fait, les travaux de rectification et de canalisation du Rhin n'ont en rien altéré la présence d'*Anopheles maculipennis messeae* dans la région. Nous avons insisté déjà sur l'abondance de ce moustique tout au long de la plaine du Rhin, à l'état larvaire mais surtout à l'état adulte.

L'Alsace demeure donc une terre d'anophélisme important.

3.2. La déviation trophique des anophèles.

TRENSZ et CALLOT (1947 - 1948 et 1953), s'appuyant sur une thèse de JUILLARD portant sur "la vie rurale en Alsace" (1952), évoque l'évolution des pratiques d'élevages comme possibilité d'explication à une déviation trophique des anophèles.

La stabulation permanente en plaine d'Alsace, alors qu'elle ne devait pas être pratiquée au milieu du XVIII^e siècle, fait partie aujourd'hui des méthodes classiques de l'élevage du bétail. Elle s'accompagne d'ailleurs d'une réduction notable des pâturages. On note également l'augmentation considérable du nombre de têtes de bétail. Enfin, l'introduction des plantes fourragères, des betteraves.... et aujourd'hui des tourteaux d'arachide, de maïs et de soja, a permis de conserver en hiver des bêtes qu'autrefois on abattait à l'automne.

CALLOT (1953) conclut que dans ces conditions, *Anopheles messeae* a trouvé, surtout en été, de plus en plus d'animaux concentrés dans une étable bien close, obscure, où il jouit du calme et d'une nourriture abondante.

3.3. Le Plasmodium.

La fréquence mensuelle des épidémies palustres observées au milieu du siècle dernier atteint son maximum au printemps, entre avril et mai. Divers auteurs, constatant que ce maximum ne coïncide pas du tout avec l'époque où il y a le plus grand nombre de vecteurs, ont défini ce paludisme comme étant de type nordique, probablement à incubation d'hiver. Cette situation semble peu favorable au maintien de l'endémie.

De nombreux auteurs ont en effet insisté sur le peu de virulence du paludisme de type nordique, pouvant donner une morbidité importante mais une mortalité nulle, ce qui est le cas pour notre région.

3.4. D'autres explications probables...

- On a parlé de l'effet du traitement à la quinine à partir de 1825. Il est peu probable qu'à elle seule, la distribution de quinine explique la disparition du paludisme.

- On a insisté souvent sur les facteurs démographiques (urbanisation, exode rural....) : aucune donnée quantitative de démographie historique ne permet de tirer de conclusions sur ce sujet.

- Enfin, il est indéniable que l'amélioration du niveau de vie entraîne des conséquences sur la morbidité palustre.

TOURDES a écrit à ce propos, dans son rapport décennal de 1858, que "les fièvres intermittentes entretiennent le paupérisme" ; à l'inverse, CALLOT soulignait que "le paupérisme entretient sûrement la malaria".

L'ensemble de ces facteurs montre à quel point le "complexe pathogène" du paludisme, au virus peu redoutable (*Plasmodium vivax*) transmis par *Anopheles maculipennis messeae*, devait être relativement fragile.

Ceci, intimement lié à la transformation générale due à la révolution industrielle du XIXe siècle, permet de concevoir la disparition du paludisme d'Alsace.



II. AUTRES ROLES PATHOGENES DES MOUSTIQUES EN ALSACE

Le virus de la myxomatose qui dévaste les populations de lapins sauvages et domestiques en France depuis son importation en 1952, peut être propagé mécaniquement par les piqûres de moustiques, notamment *Anopheles maculipennis*, *Aedes caspius*, *Aedes detritus* et *Culex pipiens* (JOUBERT, OUDAR, MOUCHET et HANNOUN, 1967)

NATVIG (1948) indique que la tularémie, due à *Pasteurella tularensis*, pourrait avoir comme vecteurs (en Suède) *Aedes cinereus* et peut-être, *Aedes punctor* et *Aedes excrucians*.

Enfin, la plupart des espèces de Culicinae sont très gênantes par leurs piqûres soit diurnes, soit nocturnes, dans les régions boisées, dans les prés et les marécages, à l'intérieur des habitations ; nous pouvons citer : *Aedes caspius*, *dorsalis*, *detritus*, *punctor*, *cantans*, *annulipes*, *rusticus*, *geniculatus*, *vexans*, *sticticus*, *communis* etc... *Culex pipiens*, *theileri*, *Culiseta annulata*, *Anopheles plumbeus*....

La piqûre des moustiques

K. MELLAMBY (1946) a montré qu'une personne piquée pour la première fois par un moustique donné, présente une réaction locale du type tardif (24 heures environ). Si la piqûre est répétée pendant un mois environ, la réaction du sujet devient différente, en ce sens qu'il présente une réaction de type immédiat qui disparaît, puis, au bout de 20 à 24 heures, apparaît, toujours localement, une réaction de type tardif.

Si l'expérience est prolongée, on voit disparaître la réaction tardive et seule persiste la réaction de type immédiat;

Enfin, après plusieurs mois de piqûres répétées, toute réaction peut disparaître.

Ceci peut se résumer sur le tableau suivant donné par l'auteur :

	Réaction immédiate	réaction tardive
Stade I	-	+
Stade II	+	+
Stade III	+	-
Stade IV	-	-

Nous avons nous-même mené cette expérimentation en observant notre propre réaction à la piqûre d'Aedes vexans.

Ainsi, les premières piqûres dans l'année (vers le mois de mai) engendrent la réaction tardive (Stade I : -, +) ; ensuite, au fil de la saison apparaît la réaction immédiate (Stade II : +, +) et nous arrivons d'habitude (1981 et 1982) au stade III où la réaction tardive, qui apparaissait environ 18 à 20 heures après la piqûre, disparaît.

Nous n'avons jamais atteint le stade IV.

Par ailleurs, nous avons noté que, étant au stade III (Septembre 82) nous avons été piqué la nuit par Culex pipiens : la réaction fut de type II. CALLOT (1947) avait noté ce fait et l'interprétait comme une manifestation à la fois de la différence existant entre les antigènes inoculés par les deux espèces de moustiques, mais également d'une certaine affinité, puisque le sujet ne se comporte pas comme un sujet neuf.

Nous avons noté également la perte de l'immunité pendant l'hiver, saison sans piqûres

Enfin, nous avons observé par deux fois, des personnes qui nous accompagnaient sur le terrain qui n'avaient pas été en contact avec des moustiques et qui n'ont présenté aucune réaction ni précoce, ni tardive.

Signalons d'autre part les agriculteurs, les pêcheurs et autres habitués de l'hostile forêt rhénane, (au moins pour ce qui concerne les moustiques), et qui présentent la réaction de stade IV aux piqûres des Aedes.

Ces deux types de personnes représentent "les gens qui ne sont pas piqués par les moustiques". Nous avons donc vérifié que ces personnes sont bien piquées, mais ne réagissent pas à la piqûre.

TROISIEME PARTIE

LES CULICINAE D'ALSACE

De part et d'autre du Rhin, je visitai les personnes que j'avais rencontrées à Sessenheim [...].

Nos promenades sur l'eau avaient fréquemment pour but les îles du Rhin [...]. Nous nous serions sans doute installés, à peu de frais, dans les sympathiques petites huttes de pêcheurs, si les moustiques du Rhin ne nous en avaient pas chassés après quelques heures. Ce dérangement insupportable d'une des plus belles parties de plaisir, où l'affection des amoureux semblait croître tout au long de la promenade, m'induisit, au retour à la maison, à tenir un langage sacrilège en présence du bon et saint père. Je certifiai que ces moustiques, par leur seule existence, suffisaient à me prouver que le monde n'avait pas été créé par un Dieu bon et sage [...].

Traduction d'un texte de GOETHE

(dans "Dichtung und Wahrheit" III, 11)

TROISIEME PARTIE

LES CULICINAE D'ALSACE

Dans cette troisième partie, nous nous proposons de décrire les espèces présentes en Alsace.

Nous joindrons aux descriptions faites par les principaux auteurs ayant traité de ces espèces pour l'Alsace, les observations personnelles concernant l'écologie et la biologie des moustiques présents dans le secteur d'étude (entre Seltz et Lauterbourg) ou ailleurs.

Les aspects de systématique ne seront détaillés que pour les espèces posant un problème d'identification ; les critères de détermination des espèces pour les larves de IVe stade, les femelles et les hypopygiums sont repris dans la clé de détermination des espèces (cf. tome 2).

Pour toutes les espèces signalées dans notre région, nous évoquerons ainsi :

- le statut actuel de l'espèce quant à sa répartition en Alsace,
- les traits essentiels de l'écologie des stades pré-imaginaux,
- les observations faites sur les populations imaginaires.

Enfin, le chapitre troisième du présent travail sera consacré à l'écologie et à la biologie de l'espèce la plus abondante dans la région, *Aedes (Aedimorphus) vexans* (MEIGEN, 1830).

MATERIEL et METHODES

L'étude systématique des Culicinae dans le secteur d'étude ou ailleurs comprend l'observation des larves et des imagos, femelles et mâles.

La récolte et la préparation des différents individus est décrite ci-dessous :

**** Larves et nymphes :**

Cette récolte s'effectue à l'aide d'un filet langeron à mailles fines. Les larves sont prélevées dans un bac de plastique à l'aide d'une pipette aspirante et ramenées au laboratoire dans des tubes à essai sur lesquels est porté un numéro correspondant à la description du gîte.

Les larves sont alors séparées en individus ayant atteints le 4e stade et en individus des stades précédents.

Les larves de stade précoce sont mis en élevage dans des petits cristallisoirs remplis d'eau du robinet avec pour toute nourriture une pincée de "biscuit de chien" réduit en poudre.

C'est en effet sur les larves de 4e stade que les caractères servant à la détermination ont été décrits.

Ces larves sont ensuite montées entre lame et lamelle après avoir subi un traitement destiné principalement à favoriser une bonne observation des caractères.

Dans la pratique, beaucoup de larves ont été déterminées "in-vivo" dans une très faible quantité d'eau déposée sur une plaque à touche.

Seuls les cas litigieux et les individus destinés à la collection ont été montés suivant le principe suivant :

- * la larve est tuée dans un bain d'eau chaude à 60 - 70°C. Ceci permet de fixer les soies et dents ornementant la larve et servant à la détermination.
- * après un bref rinçage dans l'alcool à 70°, la larve est mise à éclaircir, pendant une durée variable suivant les espèces, dans du liquide de Marc-André.

Ce liquide, préparé au laboratoire, se compose d'un mélange dans des proportions adéquates d'eau distillée, de chloral hydraté et d'acide acétique cristallisable.

- * les larves sont passées alors dans l'alcool-phénol puis montées dans le baume du Canada.

la larve est présentée en deux parties : d'une part, la tête et le thorax, face dorsale en-dessus, d'autre part, l'abdomen avec le siphon et le segment anal, face latérale en-dessus pour permettre la bonne observation des caractères.

L'étiquette de la préparation porte les indications suivantes :

- Genre et espèce,
- Date et lieu de récolte.

** L'étude systématique des adultes a été menée suivant deux procédés :

- * Certaines des larves de 4e stade ont été maintenues en élevage jusqu'à leur nymphose et puis jusqu'à l'émergence des adultes.

Ceci a permis :

- de rattacher avec sûreté la forme larvaire à la forme adulte,
- d'observer les caractères sur l'exuvie larvaire de 4e stade,
- d'obtenir des adultes en excellent état.

* L'autre procédé a consisté en une capture systématique de tous les moustiques rencontrés dans le milieu naturel, soit au hasard des déplacements sur le terrain, soit de manière standardisée dans le quart d'heure précédant le coucher du soleil, par la capture systématique de tous les individus piquant un mollet. Cette capture "standard" permet une comparaison objective de la nuisance en des points différents ou à des moments différents.

Les femelles ont été montées selon la technique des deux épingles ou "montage bafonnette".

Les mâles quant à eux sont placés dans l'alcool à 70° et c'est le seul hypopygium qui sert à la détermination. (quelques mâles ont été montés sur épingle pour l'observation de certains caractères "macroscopiques").

Pour le montage des hypopygiums, l'abdomen est placé pendant un temps très court (1 à 2 mn) dans une solution de potasse à 10 % et à chaud.

Après un court bain dans l'alcool à 70°, l'abdomen est placé dans un bain d'alcool-phénol dans lequel l'hypopygium est isolé du reste de l'abdomen avant d'être déposé, styles en-dessus, dans une goutte de baume entre lame et lamelle.

Pour les adultes, l'étiquetage comprend les noms de genre et d'espèce ainsi que le lieu de récolte et le procédé d'obtention (capture ou "ex larva").

NOTA : les nymphes, ne présentant pas d'intérêt systématique, n'ont pas été préparées, quoique quelques unes aient été conservées en collection.

LES CULICINAE D'ALSACE

(Voir pages suivantes...)

Anopheles (Anopheles) maculipennis (MEIGEN, 1801)

1. Répartition en Alsace

Cette espèce est présente dans toute la plaine d'Alsace. Signalée déjà par Eckstein (1918), elle est régulièrement citée dans les listes de culicidés d'Alsace.

Le complexe maculipennis.

Le complexe maculipennis est représenté en Alsace par trois biotypes :

- *A. m. messeae* qui constituerait l'immense majorité des anophèles
- *A. m. typicus* et *A. m. melanoon*, beaucoup plus rares.

C'est à Sergent et Trenszt (1935) que nous devons les premiers travaux sur ces biotypes en Alsace. Par la suite Callot (1938, 1953) a examiné de nombreuses pontes d'*Anopheles maculipennis* qui appartenaient dans leur immense majorité au biotype *messeae*.

Les caractères ovulaires considérés par plusieurs auteurs comme étant le meilleur élément de distinction entre les différentes formes du complexe n'ont pas de valeur absolue pour l'identification d'un individu isolé.

Senevet et Andarelli (1956), Hinton (1968) avaient déjà signalé la faillibilité d'une diagnose uniquement basée sur l'ornementation de l'oeuf. Salières et coll. (1978) concèdent cependant que l'examen d'un certain nombre de pontes peut cependant permettre de classer une population.

C'est ce que nous avons réalisé et l'étude de 13 pontes obtenues en 1982 et 1983 au laboratoire, ainsi que quelques oeufs récoltés dans les gîtes a permis de confirmer que le biotype *messeae* était largement dominant.

D'après la clef dichotomique publiée par Rioux (1958), seuls quelques oeufs examinés présentaient une "face supérieure ornée de deux lignes sombres", alors que la plus grande majorité des oeufs présentaient "à la fois des lignes et des tâches sombres".

Nous n'avons pas réalisé l'examen cytogénétique des chromosomes géants des glandes salivaires et nous nous contenterons donc des ornements ovulaires pour affirmer que le biotype dominant est *Anopheles maculipennis messeae*.

2. Ecologie larvaire

2.1. Gîtes larvaires :

Les gîtes larvaires dans lesquels ont été observés et récoltés les stades pré-imaginaux d'*Anopheles maculipennis* (larves, nymphes et quelques oeufs) ont généralement une grande superficie.

Il s'agit dans la grande majorité des cas d'eaux permanentes : mares, étangs, bords de gravières, bras morts du Rhin et exceptionnellement de fossés.

RABOUD (1980) estime que l'étendue du gîte est indispensable à l'évolution des larves.

Il est possible que, n'exploitant pour se nourrir que la surface de l'eau, et non tout le volume, cet aspect de superficie du gîte soit un facteur limitant des populations larvaires.

La profondeur de ces gîtes varie d'une trentaine de centimètres à plus de deux ou trois mètres.

Malgré la présence dans ces gîtes de végétations (algues filamenteuses, lentilles d'eau...), l'eau est généralement claire. Suite à ROUBAUD (1936), nous avons observé au laboratoire (et en moindre proportion sur le terrain) l'effet de nettoyage de la surface de l'eau par les larves d'anophèles. En effet, les larves se nourrissant des particules microscopiques flottantes (protozoaires, rotifères et autres végétaux microscopiques...) provoquent un brassage continu de la couche liquide superficielle. ROUBAUD affirme que cette action de nettoyage dans les gîtes à forte population larvaire (et il y en a dans notre secteur d'étude), en faisant disparaître le voile microbien qui constitue la ressource alimentaire de base des larves, favorise l'échange gazeux indispensable à la vie des végétaux immergés, et contribue vraisemblablement à l'entretien des plantes inondées, temporairement ou non, parmi lesquelles vivent ces larves.

2.2. Végétation des gîtes :

La plupart des gîtes sont bien exposés, parfois semi-ombragés. Le couvert végétal est rarement dense.

La végétation régulièrement présente dans les gîtes larvaires à *Anopheles* est composée d'un tapis d'algues filamenteuses de surface.

On y trouve parfois quelques lemnacées (lentilles d'eau), mais la pullulation de ces végétaux, lorsqu'elles couvrent toute la surface, élimine les larves des culicidés.

Les étangs et plans d'eau présentent aussi des plantes aquatiques telles que *Nuphar luteum* (nénuphar jaune) ou *Myriophyllum spicatum*, ainsi que des plantes héliophytes en bordure (*Phragmites communis*, *Iris pseudacorus*, *Lythrum salicaria*, *Senecio paludosus*...)

Un des gîtes était constitué d'une étendue d'eau due à une remontée de nappe phréatique qui a persisté pendant plus de quatre semaines.

D'une profondeur assez faible, 20 à 30 centimètres, ce gîte a été colonisé rapidement par des characées et autres algues filamenteuses, les pontes d'anophèles et les développements larvaires ont suivi. La température de l'eau a été mesurée à plusieurs reprises entre 22 et 25°C.

A ce sujet, CLEMENTS (1963) précise que les femelles d'*Anopheles maculipennis*, dont les larves, nous l'avons observé, se trouvent généralement dans les mares exposées, préfèrent l'eau à une température entre 22 à 29°C pour l'oviposition, et pondent rarement en-dessous de 20°C. Ceci explique les gîtes larvaires généralement bien exposés.

2.3. Périodes de développement larvaire - Densité.

Les larves d'*Anopheles maculipennis* se développent de la fin du mois d'avril (première observation 26 Avril) à la fin du mois de septembre.

Les densités larvaires observées sont généralement moyennes à faibles.

On ne constate jamais de pullulation comme pour les *Aedes*. Les larves sont toujours dispersées à la surface des gîtes et les méthodes de prélèvement par "diping" ne permettent pas de récolter plus de 2 - 3 larves à la fois dans les gîtes les plus productifs.

2.4. Associations larvaires :

Les larves d'*Anopheles maculipennis* sont associées généralement à *Culex pipiens*, *Culex territans*, *Culiseta annulata* et exceptionnellement à *Aedes vexans*, *Aedes cinereus*, *Aedes sticticus*.

3. Populations imaginaires

Les tendances zoophiles de l'espèce ont été confirmées par nos captures systématiques.

En trois années, aucune femelle d'*Anopheles maculipennis* n'a été capturée en piquant à l'extérieur des habitations.

Les habitudes endophiles de ce moustique sont très marquées : en effet, outre quelques mâles capturés au moyen d'un aspirateur dans la végétation bordant les gîtes, la quasi-totalité des individus a été récoltée à l'intérieur d'habitations ou au moins sous abri.

Les étables sont des lieux privilégiés, mais nous en avons trouvé, pendant la belle saison, dans une cabane de chasseurs, dans une guérite de douanier, ainsi qu'à Strasbourg, en pleine ville, dans les abris d'une basse-cour. L'espèce a été capturée plusieurs fois chez l'auteur, au quatrième étage d'un immeuble à Strasbourg.

Enfin, la seule piqûre due à une femelle de cette espèce a été observée à La Petite Pierre (Août 83) à l'intérieur d'une cave.

L'espèce hiberne à l'état adulte et de nombreux gîtes ont été observés : les plus fréquents sont les caves et les ouvrages de guerre désaffectés (bunkers de la ligne Maginot). Les femelles s'y trouvent en compagnie de femelles de *Culex pipiens* et *Culiseta annulata*, en concentrations parfois très importantes (caves de la Robertsau, de la Montagne-Verte à Strasbourg, bunkers de Lauterbourg, de la forêt de la Wantzenau, du Fuchs-am-Buckel, du Neuhof, du Rohrschollen, de Plobsheim...)

L'espèce a été découverte hibernante dans la cavité d'un tronc de saule (*Salix alba*)

C'est au courant du mois d'avril que cesse l'hibernation et au début de mai qu'apparaissent les adultes de la première génération.

Ces dates dépendent naturellement des conditions climatiques, tout comme l'entrée en hibernation, probablement conditionnée par le froid.

Nous confirmons en tous cas que l'espèce ne constitue en aucune manière une quelconque nuisance pour les populations humaines.

Anopheles (Anopheles) plumbeus (STEPHENS, 1828)

1. Répartition en Alsace :

Déjà signalée par F. ECKSTEIN (1918) sous le nom d'*Anopheles nigripes*, cette espèce est régulièrement présente dans les inventaires de faune culicidienne effectués depuis. Cependant, c'est une espèce qu'il faut "chercher", et les formes larvaires et imaginaires passent facilement inaperçues.

2. Ecologie larvaire :

2.1. Gîtes larvaires

Cette espèce est strictement arboricole. La larve ne se développe que dans l'eau retenue dans les creux d'arbres.

Plusieurs auteurs ont discuté du cas de ces espèces arboricoles ou "limno-dendrophiles". Les moustiques tels que *Anopheles plumbeus* semblent faire partie des espèces "arboricoles strictes", à adaptation fixée depuis longtemps, contrairement à d'autres moustiques ne colonisant ce type de gîte qu'occasionnellement.

Le gîte constitué par l'eau contenue dans le creux d'un arbre est très caractéristique et les espèces qui le colonisent ont en général des exigences écologiques très strictes. HARANT et coll. (1955) et plus tard RIOUX (1958) ont étudié quelques gîtes de creux d'arbre et ont déterminé la grande richesse de l'eau en une matière organique qui proviendrait de la transformation des parois du gîte. HARANT (1955) suppose que "cette matière colorante est une substance complexe où dominent les acides humiques alcalins et dans la genèse de laquelle intervient vraisemblablement un système très particulier de microorganismes".

Nous n'avons, quant à nous, jamais trouvé les larves de cette espèce en dehors d'un creux d'arbre.

L'élevage au laboratoire nous a permis d'observer le comportement alimentaire très particulier de larves d'*Anopheles plumbeus*. En effet, contrairement aux larves d'*Anopheles maculipennis* qui se nourrissent en brassant à l'aide des soies buccales le film microbien de surface, les larves d'*Anopheles plumbeus* sont la plupart du temps au fond du "gîte", se nourrissant dans les débris qui tapissent le fond du creux d'arbre.

ROUBAUD et COLAS-BELCOUR (1932) ont découvert en effet que ces larves ont un métabolisme très ralenti. Ainsi, elles ne remontent pas en surface pour respirer, les échanges tégumentaires suffisent quasiment à assurer leur respiration.

2.2. Végétation du gîte

Il est difficile de parler de "végétation du gîte" pour des sites aussi réduits. En fait, ce sont surtout des débris végétaux (branches, feuilles...) qui tapissent le fond de ces gîtes.

Il est intéressant en revanche de noter les essences ligneuses dans lesquelles sont observées ces larves : toutes ces observations ont été effectuées en milieu forestier sauf pour un gîte découvert dans un platane situé en bord de route.

Les essences sont les suivantes : hêtre, charme, marronnier, chêne et platane.

L'espèce ne paraît avoir aucune préférence pour l'essence ligneuse.

2.3. Période des apparitions larvaires - Densité.

Les larves ont été observées de février à octobre. Ce sont bien entendu les conditions climatiques qui déterminent les possibilités de développement de ces larves : ainsi, lors de périodes sèches comme les mois de juillet et août 83, il n'a été observé aucun gîte arboricole.

ROUBAUD et COLAS-BELCOUR (1932) ont montré que les larves d'*Anopheles plumbeus* peuvent subsister dans la seule humidité du fond d'un gîte. Il leur suffit ainsi d'une simple pellicule d'eau pour survivre et même poursuivre leur développement, qui en est à peine ralenti.

Les larves ne sont jamais très nombreuses dans le gîte. On observe rarement plus de 10-20 larves par gîte.

2.4. Associations larvaires.

L'association la plus régulière se fait avec *Aedes geniculatus*, autre espèce culicidienne arboricole.

Dans un cas (platane), nous avons trouvé une ponte de *Culex pipiens* sur le gîte.

Tipulidae et *Ceratopogonidae* sont régulièrement présents dans ces gîtes.

3. Populations imaginale

L'espèce, loin d'être abondante, est néanmoins régulièrement présente dans les captures, surtout en milieu forestier. *Anopheles plumbeus* est classiquement anthropophile.

Les adultes apparaissent début mai et il y a certainement plusieurs générations annuelles jusqu'au début d'octobre où l'on ne trouve plus que des larves jusqu'au printemps suivant.

Anopheles (Anopheles) claviger (MEIGEN, 1804)

Décrit par ECKSTEIN (1918) sous le nom d'*Anopheles bifurcatus*, cette espèce est régulièrement citée dans la littérature concernant la faune culicidienne d'Alsace.

Cependant, il faut ajouter qu'en dehors de ces citations de l'espèce dans des inventaires, on ne trouve aucune autre précision sur la répartition des gîtes larvaires ou sur la biologie des imagos dans notre région.

Nous n'avons, au cours de notre étude, jamais observé ni larves, ni adultes de cette espèce et nous nous contenterons d'indiquer ci-dessous les grands traits de l'écologie et de la biologie d'*Anopheles claviger*, d'après les indications de GILOT (1968), CAMBEFORT (1970) et RABOUD (1980).

L'espèce hiberne à l'état larvaire. Dans certaines régions, elle ne se rencontre qu'en hiver (forêt de Bouconne, région toulousaine).

Les gîtes larvaires se situent principalement dans des eaux permanentes, de préférence fraîches et propres (RABOUD, 1980).

Les gîtes sont décrits comme ayant en commun les caractères sciaphiles, crénophiles (eaux de résurgence, source claire....) et rhéophiles (eaux courant lentement). Ce dernier caractère est assez exceptionnel pour un culicidé.

En fait, sciaphilie et rhéophilie ne traduisent qu'une prédilection de l'espèce pour les basses températures de l'eau des gîtes. L'espèce préfère des eaux à une température entre 12 et 20°C pour l'oviposition (CLEMETS, 1963).

En réalité, ces exigences cachent une grande diversité de gîtes observés et l'accord est loin d'être fait entre les auteurs en ce qui concerne la végétation desdits gîtes. De végétation nulle ou rare, on peut observer "une végétation aquatique abondante" (CALLOT), la prairie inondée ou même le roseau.

De même, certains auteurs ont trouvé les larves d'*Anopheles Claviger* dans des eaux très riches en débris végétaux (CALLOT, 1945), voire putrides et dégageant une odeur d'anhydride sulfureux (GILOT, 1968).

Ces observations constituent probablement la preuve d'une assez grande "plasticité écologique" de l'espèce.

Les larves de l'espèce ont été observées en association avec *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens*, *Culex hortensis*, *Culex territans* et *Culiseta annulata*.

Anopheles claviger est anthropophile et semble être une espèce plutôt agressive (CALLOT, 1945 et GILOT, 1968) dans les régions où elle est présente.

Culex (Culex) pipiens (LINNE, 1758)

1. Répartition géographique en Alsace.

Ce moustique, à très large répartition, est présent dans toute l'Alsace, de la plaine du Rhin au sommet des Vosges.

- Le complexe *Culex pipiens*.

La systématique de ce qu'on appelle le "*complexe Culex pipiens*" a donné lieu à de nombreuses discussions, aboutissant à la description de "races biologiques", de "biotypes", "sous-espèces écologiques"...

Nous nous en tiendrons aux conclusions d'un récent travail de génétique chez *Culex pipiens*, publié en 1977 par N. PASTEUR.

C'est le type de gîtes dans lesquels on trouve les larves de cette espèce qui sert de base aux diverses théories.

Roubaud (1929) fut le premier à remarquer que les femelles de *Culex pipiens* des régions tempérées qui colonisent des gîtes hypogés ont la possibilité de produire leur première ponte sans prendre de repas de sang (femelles autogènes) alors que celles qui colonisent les gîtes épigés ont besoin d'un tel repas pour accomplir l'ovogenèse. (femelles anautogènes).

A ce caractère physiologique d'autogenèse sont associés des caractères de comportement qui ont conduit les auteurs des années 1930 à 1950 à nommer deux sous-espèces :

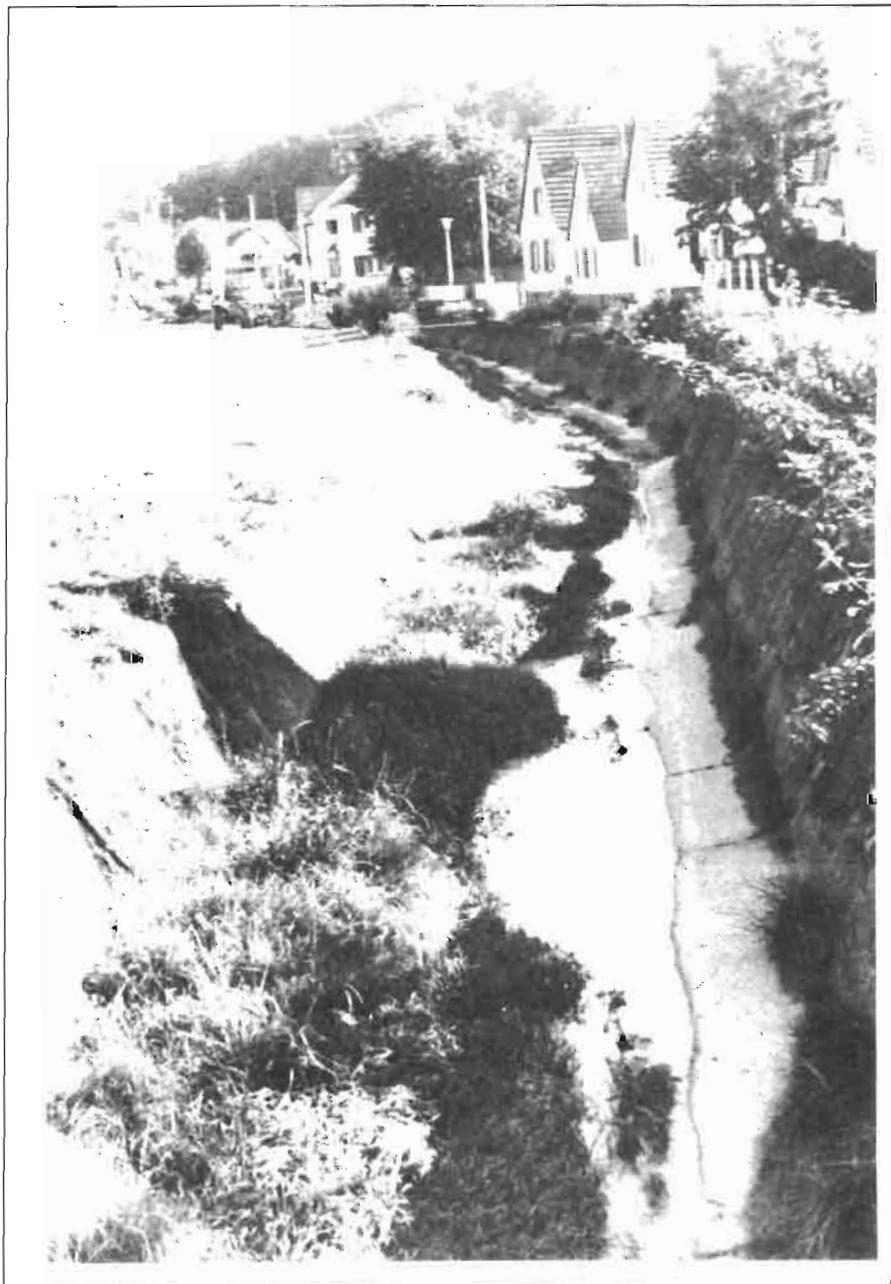
- *Culex pipiens pipiens* : forme anautogène, rurale, eurygame, hétérodynamique et ornithophile,
- *Culex pipiens autogenicus* : forme autogène, urbaine, sténogame, homodynamique et anthropophile.

En fait, il apparaît aujourd'hui que la différenciation entre ces deux formes est bien moins nette que cela, que les caractères ne sont pas toujours rigoureusement associés et il semble en fait que le complexe *Culex pipiens* soit représenté dans la région paléarctique tempérée par une seule sous-espèce : *Culex pipiens pipiens*.

Ainsi, tous les noms sous-spécifiques suivants tombent en synonymie :

- Culex pipiens pipiens* (Linné 1758)
- Culex pipiens molestus* (Forskål 1775)
- Culex pipiens autogenicus* (Roubaud 1935)
- Culex pipiens berbericus* (Roubaud 1935)
- Culex pipiens sternopallidus* (Roubaud 1945)
- Culex pipiens sternopunctatus* (Roubaud 1945)
- Culex pipiens calloti* (Rioux et Pech 1959)

Fig. 10 : Fossé mal curé à Mothern : un gîte idéal pour *Culex pipiens*.



En outre, l'étude du polymorphisme des allozymes de 12 loci effectuée par PASTEUR (1977), a permis de montrer :

1. que les populations qui occupent des gîtes épigés et celles qui occupent des gîtes hypogés sont génétiquement aussi proches les unes des autres que des populations locales habituelles (malgré les différences de taux d'autogenèse).
2. que les populations des gîtes épigés présentent un taux de polymorphisme plus élevé et sont comparativement plus homogènes.

Ces observations suggèrent que *Culex pipiens* est constitué fondamentalement d'un vaste ensemble panmictique.

On y distinguera :

- des populations se reproduisant dans des gîtes épigés, c'est-à-dire à ciel ouvert, avec un faible taux d'autogenèse des femelles et un comportement de reproduction où l'eurygamie domine.
- certains individus de l'ensemble panmictique peuvent coloniser des gîtes hypogés et vivre alors sur eux-mêmes.

Ces gîtes constituent des îles écologiques ayant très peu d'échanges avec l'ensemble panmictique et, par la force des choses (manque d'hôtes et espaces réduits), les populations deviennent autogènes et fortement sténogames.

2. Ecologie larvaire

2.1. Gîtes larvaires

La grande variété des gîtes larvaires, tant par leur situation, leur superficie, leur profondeur que par la nature de l'eau et la végétation, caractérise l'étonnante ubiquité de l'espèce.

Les gîtes peuvent être naturels ou artificiels :

- Parmi les gîtes naturels, on citera : un fossé servant d'exutoire à des eaux usées et pollué par les effluents d'un silo à maïs (Lauterbourg), un fossé canalisé pour évacuer des eaux de ménage (Mothern), les ornières dans les chemins, une bordure d'étang de pêche, un bras mort du Rhin, un creux d'arbre (platane)...

On notera que les eaux peuvent être extrêmement polluées et faiblement courantes. Dans le bras mort du Rhin, le développement en surface des lentilles d'eau a éliminé les larves de *Culex*.

- Parmi les gîtes artificiels, il en est un qui constitue la plus grande majorité des lieux de développements larvaires, c'est le tonneau d'eau de pluie. Il s'agit de ces tonneaux placés dans les jardins sous les gouttières pour récolter l'eau de pluie qui, reposée et réchauffée dans ledit tonneau, sert à l'arrosage des potagers. Ce gîte, très fréquenté par *Culex pipiens*, est très largement répandu dans tous les villages de la région.

A Strasbourg, la présence de jardins familiaux situés quasiment au coeur de la ville, sont autant de lieux où se trouvent ces fameux tonneaux.

L'eau y est rarement croupissante, souvent renouvelée et dans bon nombre de cas, le développement larvaire est interrompu par le prélèvement d'eau destiné à l'arrosage.

Les autres gîtes artificiels sont constitués par divers objets remplis d'eau tels que baquets, pneus, boites de conserves, seaux etc... Nous avons prélevé quelques larves également dans un puits ouvert.

Enfin, il convient de souligner l'absence d'observation en ce qui concerne les gîtes hypogés. Il faut savoir que les méthodes de construction dans la région prévoient toujours une cave et que le vide sanitaire est très rare. Nous n'avons pu trouver de cave inondée et les quelques fosses septiques que nous avons examinées ne contenaient pas de larves. CALLOT (1948) cite toutefois la découverte d'un gîte larvaire dans un puisard à Strasbourg, en décembre 1947.

Pour renforcer encore l'image de plasticité écologique de l'espèce, nous signalons la découverte dans le Haut-Rhin d'un gîte larvaire très productif dans une saline des Mines de Potasse d'Alsace : l'eau du gîte présentait une salinité de 11 grammes par litre ...

N. B : Les papilles anales en étaient d'autant plus petites et courtes.

2.2. Périodes de développement larvaire - Densité.

Les larves peuvent se développer dans des eaux très froides. CALLOT (1948) cite un gîte larvaire fonctionnel, dans un puisard où l'eau était à + 5°C, avec une température de l'air de - 2°C ! (gîtes hypogés).

Nous avons nous-mêmes découvert quelques larves dans des tonneaux d'eau au cours du mois de novembre et à partir du début avril.

Les densités sont dans la plupart des cas assez élevées et on peut observer tout au long de la période de développement larvaire les nacelles d'oeufs flottant à la surface ; les éclosions se succèdent donc et les stades larvaires sont toujours très mélangés.

2.3. Associations larvaires

Les larves de *Culex pipiens* sont associées régulièrement à celles de *Culex territans*, *Culiseta annulata*, *Anopheles maculipennis* et occasionnellement *Aedes vexans*, *Aedes sticticus*, *Aedes cinereus* et *Culex theileri*, *Culex hortensis*.

3. Populations imaginales

Les adultes de *Culex pipiens* sont très faciles à observer à proximité des gîtes larvaires.

Les femelles au repos pendant l'ovogenèse se tiennent généralement dans des abris tels que cabanes de jardin, auvents ou caves.

L'espèce présente un caractère endophile très marqué, du moins en ce qui concerne l'anthropophilie : nous n'avons jamais été piqué à l'extérieur. En revanche, la nuisance due à ce moustique à l'intérieur des habitations, et particulièrement la nuit, est considérable. Il est vrai que le pialement d'un seul moustique pendant le sommeil est souvent plus désagréable que plusieurs d'entre eux dans un champs ou en forêt.

La description des gîtes permet de comprendre combien il est évident de comprendre cette nuisance, à laquelle les populations sont très sensibles, lorsque les "élevages" de *Culex* se trouvent quasiment sous les fenêtres de la chambre à coucher.

L'hibernation se fait à l'état d'imagos et de très nombreuses caves sont envahis par des femelles figées sur les murs pendant la mauvaise saison. On observe également ces femelles hibernantes dans les ouvrages de guerre en compagnie d'*Anopheles maculipennis* et *Culiseta annulata*.

C'est à ce comportement d'hibernation qu'étaient liées les "campagnes d'hiver" de démoustication (pratiquées à Strasbourg jusqu'il y a peu de temps) qui consistaient en une aspersion systématique des murs envahis par les moustiques à l'aide d'insecticides. La nuisance, dans le quartier où cette méthode était appliquée (Robertsau), était due, hélas, à des moustiques du genre *Aedes*...

Culex (Culex) torrentium (MARTINI, 1924)

1. Répartition en Alsace

C'est en Alsace que ce moustique est signalé pour la première fois en 1939 par NOELDNER, sous le nom de *Culex tipuliformis* ; désigné depuis par le même auteur sous le nom de *Culex exilis*, il est ensuite reconnu par CALLOT dans les Vosges en 1951.

L'espèce semble être limitée aux Vosges et CALLOT (1957) affirme ne l'avoir jamais trouvé en-dessous de 400 m. NOELDNER (1951) évoque la large répartition de l'espèce dans tout le massif vosgien.

La systématique de l'espèce est pour le moins problématique : larves et femelles sont très semblables à celles de *Culex pipiens* et la diagnose de l'espèce doit toujours être confirmée par l'observation de l'hypopygium du mâle, très caractéristique.

(voir systématique de *Culex theileri* et clé de détermination en annexe).

2. Ecologie larvaire

L'espèce paraît s'accommoder de biotopes assez différents : les gîtes peuvent être artificiels (benne métallique, CALLOT) ou naturels (flaques d'eau de pluie - NOELDNER -, ornières, mares en forêt, souilles de sanglier - CALLOT -). L'eau est tantôt claire et pure, tantôt riche en matières organiques en décomposition et même "saturée en oxydes de fer" (CALLOT - 1957).

Les gîtes décrits sont presque toujours dépourvus de végétation.

La période de développement s'étendrait de juin à septembre.

Culex torrentium a été trouvé associé principalement à *Culex pipiens* et *Culiseta graphyoptera*, dont les gîtes sont du même type (CALLOT, 1957).

3. Populations imaginale

L'espèce ne pique pas l'homme, ni sur le terrain, ni au laboratoire. CALLOT (1957) a pu faire gorger quelques femelles d'un lot important sur le poulet, mais pas sur le cobaye.

Culex (Culex) theileri (THEOBALD, 1903)

1. Répartition en Alsace

Signalée pour la première fois en Alsace par NOELDNER (1931), cette espèce typiquement méditerranéenne irradie vers notre région par la vallée du Rhône et le Jura (RIOUX, 1958). L'Alsace constitue donc une localité aberrante somme toute sporadique de *Culex theileri*.

Le sous-genre *Culex* en Alsace.

La détermination des trois espèces locales du sous-genre *Culex* (*C. pipiens*, *C. torrentium*, *C. theileri*) n'est pas très aisée. Nous détaillons ci-dessous les caractères permettant de séparer les espèces aux divers stades.

* Larves de 4e stade :

1. Le thorax sans fines épines permet de distinguer les espèces du sous-genre *Culex* des espèces du sous-genre *Neoculex*.
2. Les dents du VIIIe segment sont acérées chez *Culex theileri* et simplement frangées chez *Culex pipiens*.
3. Il n'existe pas de critère sûr pour distinguer *C. pipiens* et *C. torrentium* à ce stade.

* Imagos femelles :

1. La position proximale des bandes tergaux claires caractérise le sous-genre *Culex*.
2. Ces bandes claires des tergites abdominaux sont élargies en leur milieu chez *Culex theileri*, alors qu'elles sont de largeur uniforme chez *Culex pipiens* et *Culex torrentium*.
3. Là encore, on ne distingue pas les femelles de *C. pipiens* et *C. torrentium*.

* Hypopygiums :

L'examen des hypopygiums est la seule manière de séparer sûrement les trois espèces.

1. La présence d'appendices spatulés, en plus des épines, sur le lobe sub-apical du coxite caractérise le sous-genre *Culex*.
2. Le bras latéro-basal du paraprocrite est rudimentaire chez *Culex pipiens* alors qu'il est développé chez *Culex theileri* et *Culex torrentium*.
3. Le processus sternal est simple et fortement déjeté en dehors chez *Culex torrentium*, alors qu'il est large et denticulé chez *Culex theileri*.

Le processus sternal est compris dans son sens embryologique, et se trouve donc à la partie dorsale du phallosome chez l'imago mature, c'est-à-dire après la rotation hypopygiale (RIOUX, 1958)

2. Ecologie larvaire

2.1. Gîtes larvaires

Le seul gîte régional décrit dans la littérature se situe en plaine dans une forêt : il s'agit d'une "grande mare ensoleillée, riche en végétation" (NOELDNER, 1931).

Nous n'avons trouvé cette espèce qu'à l'état larvaire ; il s'agissait toujours de gîtes artificiels (une bassine en métal, un tonneau d'eau de pluie, un seau en plastique...), toujours dépourvus de végétation.

2.2. Associations larvaires

Culex theileri est associée aux espèces classiques de ce type de gîtes : *Culex pipiens*, *Culex hortensis*, parfois *Culiseta annulata*.

3. Populations imaginales

Nous n'avons jamais capturé d'adultes de *C. theileri* dans la nature. (tous les imagos observés ont été obtenus par élevage des larves).

Pourtant, RIOUX (1958) décrit cette espèce comme pouvant constituer une nuisance certaine, dont "l'activité hématophagique se manifeste de façon brutale, intense et cependant fugace".

La répartition très sporadique de ce moustique dans notre région élimine toute possibilité de nuisance.

Culex (Neoculex) hortensis (FICALBI, 1889)

1. Répartition en Alsace.

Ce moustique est signalé pour la première fois en 1950, par CALLOT et par NOELDNER. Ces deux auteurs s'interrogent sur l'apparition subite de cette espèce dans la faune culicidienne de la région, car de nombreuses recherches préalables n'avaient jamais mis en évidence la moindre trace de ce moustique.

Nous pouvons affirmer aujourd'hui que *Culex hortensis* représente un élément permanent de la faune d'Alsace, régulièrement présent dans ses deux types de gîtes : artificiels en plaine, naturels sur les reliefs vosgiens.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires

De nombreuses observations contradictoires, parfois dues à des erreurs de détermination de l'espèce, ont été publiées. Une synthèse de CALLOT (1943) a fixé quelque peu les idées sur cette espèce, grâce notamment à de minutieuses observations, dans la nature ou en élevage, effectuées à Richelieu (Indre-et-Loire), mais également en Alsace.

Il semble ainsi que l'espèce se développe principalement dans deux types de gîtes :

- en plaine, dans des gîtes artificiels (tonneaux, seaux, bassin dans un jardin public...)
- en montagne, dans des gîtes naturels, généralement bien exposés (mares, ornières....)

Nous confirmons ces observations. Quelques gîtes ont été découverts dans les Vosges (jusqu'à 1.200 m) et se situaient toujours en milieu découvert, bien ensoleillé. Il s'agissait de petites mares, mais aussi d'ornières sur les chemins.

C'est en plaine que l'observation est assez régulière dans tous les gîtes artificiels possibles : tonneaux d'eau de pluie, cuvettes et baquets métalliques, seaux, pneumatiques, bassins d'ornement... Là encore, l'héliophilie semble assez marquée. (CALLOT souligne à ce propos que "le seul gîte artificiel de Richelieu où ne se développaient pas de larves de *Culex hortensis* se situait dans un fourré dense". - 1943).

Tous les gîtes examinés étaient dépourvus de végétation.

2.2. Période de développement larvaire - Densité.

Le développement larvaire de *Culex hortensis* est très comparable à celui de *Culex pipiens*. Les pontes apparaissent subitement à partir du mois d'avril, la température étant apparemment le facteur déclenchant la fin de l'hibernation. Les larves peuvent être observées jusqu'au mois de novembre.

Les densités larvaires sont du même ordre que celle de *C. pipiens*, parfois légèrement inférieures.

(les nacelles d'oeufs sont formées par 250 à 300 oeufs)

2.3. Associations larvaires :

L'association la plus typique se fait avec *Culex pipiens* dans les gîtes artificiels, et donc avec toutes les espèces inféodées à ce type de gîte.

Dans les gîtes naturels des Vosges, nous avons toujours trouvé *Culex hortensis* seul.

3. Populations imaginaires.

Culex hortensis ne pique pas l'homme. Il s'agit d'un moustique typiquement batracophile. En effet, suite à CALLOT (1943) nous avons pu observer ce comportement alimentaire très caractéristique. Parmi d'autres, nous rapporterons cette photographie faite lors d'une observation de batraciens pendant la saison de reproduction : en effet, photographiant une rainette (*Hyla arborea*) en train de coasser, nous avons aperçu un moustique se posant sur le flanc de la grenouille. La photo faite, nous avons pu capturer le culicidé et déterminer *Culex hortensis*. La preuve de la batracophilie était refaite. Le gîte probable d'origine de ce moustique était une série de tonneaux où se développaient aussi *Culex pipiens* et *Culiseta annulata*.

CALLOT (1943) a observé la prise d'un repas sanguin sur la grenouille agile (*Rana agilis*) et le crapaud commun (*Bufo bufo*). Nous ajoutons nos observations sur la rainette (*Hyla arborea*), le crapaud vert (*Bufo viridis*) et le crapaud des joncs (*Bufo calamita*).

Nous n'avons capturé *Culex hortensis* à l'état adulte que dans des abris proches des gîtes larvaires, sur les murs, et ce, pendant la belle saison.

En hiver par contre, nous n'avons jamais trouvé les femelles hibernantes dans les sites d'hibernation de *Culex pipiens* ou *Anopheles maculipennis*.

En revanche, quelques individus ont été capturés fin novembre sur les murs d'une annexe de l'Institut de Parasitologie à Strasbourg. (On notera que ce site est proche d'un gîte larvaire et d'une mare occupée par des grenouilles vertes (*Rana esculenta*). Ces femelles hibernantes étaient gravides et n'avaient pas pénétré dans le bâtiment, contrairement aux femelles de *Culex pipiens* ou d'*Anopheles maculipennis*.

Culex (Neoculex) territans (WALKER, 1856)

1. Répartition en Alsace.

Il faut savoir trouver ce moustique dans les monographies locales puisque sa dénomination a été pour le moins controversée. Dans notre région, ECKSTEIN a décrit *Culex territans* dès 1918. Par la suite, c'est sous le nom de *Culex apicalis* (ADAMS, 1903) que divers auteurs ont signalé l'espèce en Alsace.

En fait, il semble que cette confusion provienne de la présence des deux espèces en Amérique : *Culex territans* à très large répartition et *Culex apicalis*, à répartition géographique beaucoup plus limitée (Californie, Arizona, Mexico). (GILOT, 1968)

En Europe, et donc dans notre région, CALLOT a définitivement indiqué en 1954 que "*Culex apicalis* d'Europe doit reprendre le nom de *Culex territans* (WALKER)".

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires

Ce moustique est décrit par les anciens auteurs comme "sauvage" (CALLOT et DAO VANTY, 1945 - NOELDNER, 1951).

Les larves ne semblent pas se développer dans les gîtes artificiels.

En effet, exceptées quelques observations sporadiques, *Culex apicalis* semble être une espèce de gîtes naturels, généralement forestiers.

Les caractères "rarement artificiels" et "généralement scia- philes" des gîtes larvaires opposent cette espèce à *Culex hortensis*, comme nous l'avons décrit précédemment.

Nous avons trouvé *Culex apicalis* dans des mares en sous-bois, dans des bras morts du Rhin, dans des étangs de pêche et fossés.

Ces gîtes ressemblent à ceux d'*Anopheles maculipennis*.

2.2. Végétation du gîte

Les algues filamenteuses sont généralement présentes dans ces eaux permanentes.

On observe à ce propos chez les larves de *Culex territans*, tout comme chez les larves d'*Anopheles*, une couleur verte caractéristique dans ce type de gîte. Les nymphes issues de ces larves sont vertes également, et même les adultes qui en proviennent présentent cette coloration sur les côtés de l'abdomen : peu après l'éclosion, cette coloration disparaît cependant.

On trouvera aussi dans ces gîtes des plantes aquatiques (Nénuphar et Myriophylle), ainsi que quelques héliophytes de bordure.

(cf. gîtes larvaires d'*Anopheles maculipennis*.)

2.3. Périodes de développement larvaire - Densité.

Nous avons trouvé les premières larves dès la mi-avril et les dernières début octobre. CALLOT affirme avoir récolté des larves jusqu'au début de novembre (1942).

Les densités larvaires ne sont jamais très élevées.

2.4. Associations larvaires.

L'espèce est associée de manière régulière à *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens*, *Culiseta annulata* et de façon occasionnelle (débordement de mare ou de fossé par remontée de nappe phréatique) à *Aedes rusticus*, *Aedes annulipes-cantans*, voire *Aedes vexans*, *Aedes sticticus* ou *Aedes cinereus*.

3. Populations imaginale

Culex territans est, à l'instar de *Culex hortensis*, une espèce batracophile.

Nous n'avons jamais pu observer ce comportement ; pourtant, CALLOT (1943) le décrit comme facilement observable, en s'approchant en plein midi, d'une grenouille verte ou d'un crapaud immobilisé au bord d'une mare. Par une température suffisante et un vent nul, on ne tarde pas à voir *Culex territans* s'approcher des batraciens en volant à cinq ou dix centimètres au-dessus de la surface de l'eau, puis, après quelques mouvements d'avance et de recul, se poser sur un animal.

Il faut au moustique de quinze à vingt-cinq minutes pour se gorger.

Suite à CALLOT (1943) nous avons trouvé facilement les adultes, mâles et femelles, dans la végétation bordant les gîtes larvaires, très près de la surface de l'eau.

CALLOT note enfin que "les endroits où l'on peut observer les batraciens se faire piquer ne sont pas obligatoirement des gîtes larvaires à *C. apicalis* mais toujours des points d'eau où l'on trouve des grenouilles vertes (*Rana esculenta*)".

L'hibernation de cette espèce est probablement comparable à celle des autres *Culex*, mais dans des abris naturels.

L'espèce a été observée hibernante avec plusieurs *Anopheles maculipennis*, dans la cavité d'un tronc de Saule argenté (*Salix alba*).

L'élevage de cette espèce au-delà des stades pré-imaginaux est très difficile, l'accouplement ne se produisant pas en espace restreint.

Culiseta (Culiseta) annulata (SCHRANK, 1776)

1. Répartition en Alsace.

Cette espèce à vaste répartition (paléarctique), est signalée dans la région dès 1918 et fait partie de tous les inventaires systématiques publiés depuis cette date.

Nous avons pu observer la présence de *Culiseta annulata* dans toute la région, et jusque dans les Vosges.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires

Conformément à toutes les observations publiées sur cette espèce, nous avons trouvé les larves de *Culiseta annulata* dans des gîtes extrêmement variés, au point de vue dimensions, situation, nature de l'eau etc...

- Il peut s'agir de gîtes artificiels, généralement partagés avec *Culex pipiens* : tonneaux d'eau de pluie, boîtes de conserves, baquets métalliques, abreuvoirs, pneus, bassins d'ornements.

Bon nombre de ces gîtes sont situés à l'intérieur des agglomérations, villes (Strasbourg) ou villages. A l'instar de *Culex pipiens*, *Culiseta annulata* se développe en grandes densités dans les fameux tonneaux d'eau de pluie qui fleurissent dans tant de jardins.

- Mais les gîtes peuvent également être naturels et constitués par des mares, des bras morts du Rhin, des flaques d'inondation, des fossés.

Les gîtes, naturels et artificiels, sont très comparables aux gîtes larvaires de *Culex pipiens* décrits précédemment, c'est-à-dire caractérisés par une grande hétérogénéité.

Plusieurs auteurs ont signalé une préférence de l'espèce pour les gîtes ombragés ; nous n'avons pas constaté ce fait et l'exposition des gîtes larvaires observés va du couvert dense au plein ensoleillement.

La nature de l'eau des gîtes est très variable : certains fossés écoulent (quand ils ne sont pas obstrués !) des eaux usées ; pour d'autres, il s'agit d'eau de drainage ; enfin, il peut s'agir d'eau de pluie dans les gîtes artificiels.

Nous avons observé à plusieurs reprises la présence de végétaux (feuilles en particulier) en décomposition.

Dans un cas, l'eau d'un fossé était animée d'un léger courant : les larves se tenaient dans la végétation du bord.

2.2. Périodes de développement larvaire - Densité.

Les larves apparaissent avec celles de *Culex pipiens* à partir du mois d'avril, selon la température extérieure. Les générations se succèdent alors jusque très tard dans l'année et les dernières observations ont été faites fin novembre, peu avant des gelées, alors que les autres espèces avaient disparu des gîtes depuis plus d'un mois.

Certains auteurs ont observé des larves hibernantes (CALLOT, 1944 - GILOT, 1968) ; cela ne semble pas se produire dans la région où ce sont les femelles qui hibernent.

2.3. Associations larvaires

Les associations larvaires les plus régulières se font avec *Culex pipiens*, *Culex territans*, *Anopheles maculipennis* et occasionnellement avec *Culex hortensis*, *Culex theileri* et quelques *Aedes*.

3. Populations imaginales

Culiseta annulata est un moustique anthropophile, décrit par plusieurs auteurs comme étant endophile, très agressif.

Ces faits ont été confirmés par nos observations : aucun adulte n'a été capturé en train de piquer à l'extérieur, contrairement à diverses occasions à l'intérieur des habitations. L'espèce pénètre même dans les étages (4e et 5e étage à Strasbourg.)

La situation de nombreux gîtes à proximité des habitations constitue l'origine d'une nuisance ressentie régulièrement par les populations et confondue avec la nuisance due à *Culex pipiens*.

Nous avons noté cependant que, contrairement à *Culex pipiens* qui est actif surtout la nuit, *Culiseta annulata* se trouve être actif et agressif le jour comme la nuit.

L'hibernation n'a été observée qu'à l'état adulte. Les femelles hibernantes occupent les mêmes sites de repos que *Culex pipiens* et *Anopheles maculipennis*.

CALLOT et DAO VAN TY (1944) affirment que l'hibernation de *Culiseta annulata* commence, à température égale, plus tard que celle d'*Anopheles maculipennis* ou de *Culex pipiens*. Nous avons observé ce début d'hibernation entre fin octobre et fin novembre.

La levée de l'hibernation paraît cependant être synchronisée des autres espèces hibernantes.

Culiseta (Culiseta) subochrea (EDWARDS, 1921)

Culiseta subochrea est une espèce paléarctique. Elle n'a été observée qu'une seule fois en Alsace, par NOELDNER (1951). L'observation a été faite à Kolbsheim dans le Bas-Rhin.

Il faut souligner à propos de cette espèce la grande difficulté de détermination et en particulier la distinction avec *Culiseta annulata*.

Les écailles dorées sur les tergites abdominaux des femelles, le nombre d'épines différenciées sur le lobe basal du coxite du mâle et l'écartement relatif des soies épicroaniennes de la larve sont autant de critères de détermination présentant une trop grande variabilité pour permettre la distinction des deux espèces.

Curieusement, c'est un critère morphologique nymphal qui possède la meilleure valeur taxonomique : en effet, alors que les palettes natatoires, situées au bout de l'abdomen, ont un bord libre orné de spicules acérés chez *Culiseta subochrea*, ce même bord est orné de protubérances mousses chez *Culiseta annulata*.

Sans contester la détermination de NOELDNER, on soulignera que celle-ci n'a porté que sur un seul couple de moustiques ! L'observation de l'hypopygium du mâle n'est même pas évoquée....

L'écologie de ce moustique est considérée comme proche de celle de *Culiseta annulata*.

Sous l'angle éthologique, quelques différences entre les deux espèces. Selon RIOUX (1958), *Culiseta subochrea*, anthropophile, est plus exophile que *Culiseta annulata* ; elle présente en outre le phénomène d'autogenèse (MARSHALL, 1936)

Si l'espèce existe effectivement en Alsace, son statut mérite d'être précisé. Nous ne la considérons pas pour l'instant comme élément permanent de la faune d'Alsace.

Culiseta (Culiseta) alaskaensis (LUDLOW, 1906)

1. Répartition en Alsace.

La présence de cette espèce euro-sibérienne en Alsace a été signalée à des dates très curieuses : une première capture est due à Bruno WEIGAND le 26.4.1913. L'espèce n'est pas signalée par F. ECKSTEIN en 1918 et semble absente de toutes les observations jusqu'en 1943 où elle est retrouvée à Eschau, près de Strasoburg par Ph.AMIOT.

A partir de cette date, NOELDNER a recherché systématiquement l'espèce et a découvert plusieurs gîtes en 1946, 1947 et 1948.

Tous ces gîtes larvaires étaient occupés par *Culiseta annulata* et sans un examen approfondi des larves prélevées, l'espèce *Culiseta alaskaensis* serait probablement passée inaperçue.

La distinction entre *Culiseta annulata* et *Culiseta alaskaensis* peut en effet prêter à confusion, en particulier au niveau des larves.

La femelle se distingue par l'absence de l'anneau médian sur le 1er article du tarse postérieur.

Pour l'hypopygium, l'accord n'est pas encore réalisé entre les systématiciens et divers caractères sont décrits : une série de soies raides particulièrement rapprochées au sommet du VIIIe tergite et la présence d'un lobe sub-apical porteur de soies nombreuses et denses paraissent être les caractères les plus sûrs

En ce qui concerne les larves, les auteurs ont constaté un siphon en général un peu plus court que celui d'*annulata*.

Pour les autres caractères, il apparaît très délicat de distinguer les larves de *C. alaskaensis* de celles de *C. annulata subochrea* d'une part, et de *C. glaphyroptera* d'autre part.

2. Ecologie larvaire

2.1. Gîtes larvaires :

Les gîtes larvaires décrits par NOELDNER (1953) sont tous des gîtes à *Culiseta annulata*, situés en forêt. Il en va de même pour les gîtes cités par ROMAN et PICHOT (1974) en Dombes.

Nous avons trouvé l'espèce dans des fossés de drainage d'une forêt de plaine au sud de Strasbourg, dans une dépression garnie de feuilles mortes à Ichtratzheim, dans des fossés de la forêt du Rhin à Lauterbourg.

Un point commun à tous ces gîtes semble être le couvert végétal.

2.4. Associations larvaires.

L'association la plus régulière est réalisée avec *Culiseta annulata*, et donc avec *Culex pipiens*, *Culex territans*.

3. Populations imaginales

Culiseta alaskaensis ne semble pas piquer l'homme à l'extérieur.

En revanche, NOELDNER (1953) a été piqué au laboratoire à plusieurs reprises.

Le mode d'hibernation n'est pas connu mais s'effectue probablement à l'état d'imago.

Culiseta (Culiseta) glaphyroptera (SCHINER, 1864)

1. Répartition en Alsace.

Cette espèce, dont on ne connaît pas précisément l'appartenance biogéographique exacte, a été trouvée en Alsace par ECKSTEIN (1918). Il s'agissait d'une femelle hibernante dans une cave à Mutzig (vallée de la Bruche). Les premières larves ont été trouvées le 24 Août 1930 par TOUSSAINT dans la même vallée. Puis, plusieurs localités sont décrites : La Petite Pierre, Stambach, Maison forestière de Kappelbronn et Forêt de Rosheim (NOELDNER) et Schwarzkopf (CALLOT, 1950).

Toutes ces observations consacrent le caractère exclusivement vosgien de l'espèce.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîte larvaire :

La description des gîtes est variable : ainsi, NOELDNER a observé des "flaques d'eau sans végétation, au milieu des forêts", alors que CALLOT (1950) signale des "gîtes ombragés, riches en végétation aquatique et situés à 600 - 700 m d'altitude", ainsi qu'un gîte artificiel formé par la carcasse d'une épave d'avion à 750 m d'altitude. Ce dernier gîte était placé dans un endroit très obscur sous des sapins ; dans l'eau, brunâtre, macéraient de nombreux débris végétaux, feuilles et aiguilles de sapin.

2.2. La végétation ne semble pas jouer d'autre rôle que celui du couvert commun à tous ces gîtes.

2.3. Périodes de développement larvaire :

La ponte interviendrait fin avril ou début mai, un peu plus tard que *Culiseta annulata*.

Les adultes apparaîtraient début juin (NOELDNER, 1953). CALLOT (1950) a observé un gîte artificiel contenant *C. glaphyroptera* seulement en juillet, colonisé par *Culex pipiens* au début de septembre, cette espèce restant seule présente à la fin de ce mois.

2.4. Associations larvaires.

Outre cette association avec *Culex pipiens* (CALLOT) dans un gîte artificiel, l'espèce est signalée en compagnie de *Culiseta annulata*, de *Culex torrentium* et de *Culex pipiens* dans les gîtes naturels, et même exceptionnellement dans un gîte de *Aedes geniculatus*.

3. Populations imaginales

NOELDNER (1953) affirme que l'espèce ne pique pas l'homme et que sa présence n'est révélée que par les larves.

Les observations d'ECKSTEIN (1918) semblent montrer que *C. glaphyroptera* hiberne à l'état adulte, dans les caves ou autres gîtes de repos de ce type.

Le statut de cette espèce "vosgienne" mériterait d'être approfondi.

Culiseta (Culicella) morsitans (THEOBALD, 1901)

1. Répartition en Alsace.

Culiseta morsitans, décrit en 1901, est signalé de la région dès 1918 par ECKSTEIN. Depuis, il fait régulièrement partie des inventaires de faune culicidienne d'Alsace (NOELDNER, CALLOT...)

Nous n'avons pas eu l'occasion d'observer cette espèce lors de nos investigations.

En réalité, outre les citations dans les inventaires faunistiques, il n'y a que très peu de précisions sur les lieux de récolte et de capture, sur la nature des gîtes, sur l'écologie des imagos...

Nous rapporterons ici des indications de CALLOT (comm. pers.), à partir d'observations faites essentiellement à Richelieu (Indre et Loire).

2. Ecologie larvaire.

Les gîtes sont presque toujours des gîtes naturels, collections d'eaux temporaires ou permanentes. Souvent à eaux troubles, chargée de matières organiques en décomposition, les gîtes peuvent contenir une eau pure, même légèrement courante.

Les larves de premier stade peuvent être rencontrées dès le début de l'hiver, associées dans les gîtes permanents à *Anopheles claviger* et dans les gîtes temporaires à *Aedes rusticus*.

La croissance larvaire est fort lente et les adultes n'apparaissent que fin avril.

3. Populations imaginale.

Dans la nature *Culiseta morsitans* ne pique pas l'homme. En captivité, il ne pique ni les mammifères, ni les oiseaux, ni les batraciens qui sont mis à sa portée : il se gorge d'eau sucrée.

Il ne semble pas pénétrer dans les maisons;

Il présente une seule génération annuelle.

Culiseta morsitans pond ses oeufs sur les sols humides, potentiellement inondables, tout comme les espèces du genre *Aedes*. (BECKER, 1981)

Culiseta (Culicella) fumipennis (STEPHENS, 1825)

1. Répartition en Alsace.

Décrit dès 1918 par ECKSTEIN, sous le nom de *Culicella theobaldi*, ce moustique est cité par tous les auteurs sans précisions supplémentaires sur sa biologie, sa répartition dans la région....

2. Ecologie larvaire.

Le gîte type de cette espèce serait une mare herbeuse de pâture ou une dépression immergée, largement ouvertes et bien exposées au soleil. La végétation est essentiellement immergée ou flottante.

L'eau y serait toujours très claire, avec une couche de vase fluide tapissant le fond du gîte où les larves semblent "brouter".

L'écologie larvaire pourrait correspondre à celle des autres moustiques "d'hiver" : *Culiseta morsitans* et surtout *Anopheles claviger* et *Aedes rusticus*.

3. Populations imaginale.

Les adultes de cette espèce sont comparés à ceux de *Culiseta morsitans*.

Ils ne piquent pas l'homme, ne pénètrent pas dans les maisons, on ne connaît pas leurs hôtes préférentiels.

Culiseta (Allotheobaldia) longeareolata (MACQUART, 1830)

Cette espèce n'a été observée qu'une seule fois en Alsace par NOELDNER (1951).

Culiseta longeareolata est une espèce méditerranéenne (au sens large) et RIOUX (1958) considère la station alsacienne (Strasbourg) comme aberrante.

Nous rapportons ici les propos de NOELDNER (1951), rappelant le caractère exceptionnel de cette observation :

"J'ai trouvé une seule fois à Strasbourg des larves dans un grand tonneau servant à l'arrosage d'un potager. L'eau de ce récipient répandait une fort mauvaise odeur. C'est sans doute cette odeur de l'eau qui avait attiré les femelles et les avait poussé à pondre des nacelles dont l'une m'a donné 374 larves. Il y avait à proximité de ce tonneau et dans toute la région de nombreux gîtes du même type, mais ils n'étaient peuplé que de *Culex pipiens* et *Theobaldia annulata* ; et du reste, les années suivantes, le tonneau où j'avais trouvé *T. longeareolata* n'en contenait plus, son eau n'avait plus son odeur nauséabonde".

RIOUX (1958) considère cette espèce comme pouvant se rencontrer aussi bien dans des gîtes naturels qu'artificiels.

L'espèce peut voisiner à l'état larvaire avec *Culex hortensis*, mais dans des gîtes plus ombragés que pour cette espèce.

NOELDNER indique que "la femelle ne pique pas l'homme" ; cette observation confirme le caractère "ornithophile préférant" attribué à *Culiseta longeareolata* par ROUBAUD et COLAS-BELCOUR.

Cette espèce ne peut pas être considérée comme un élément permanent de la faune d'Alsace.

Coquillettidia (Coquillettidia) richiardii (FICALBI, 1889)

1. Répartition en Alsace.

C'est de présence qu'il faudrait parler car la répartition de cette espèce dans notre région est inconnue.

Il faut chercher *Coquillettidia richiardii* sous les noms de *Mansonia richiardii* et puis aussi *Taeniorhynchus richiardii*. Déjà cité par ECKSTEIN (1918), il est repris par CALLOT et NOELDNER.

Nous avons cherché les larves de ce moustique dans les gîtes potentiels ; sans succès. L'espèce n'a par ailleurs jamais été repérée dans nos captures, ni dans la nature, ni à l'intérieur des habitations.

2. Ecologie larvaire et imaginale.

Nous ne décrivons pas la biologie et l'écologie de ce moustique dont larves et nymphes ne respirent qu'à travers les lacunes aërifères des plantes aquatiques ; la présence d'une végétation aquatique est donc indispensable à celle des larves.

Les plantes susceptibles d'accueillir ces stades préimaginaux de *C. richiardii* sont *Typha*, *Scirpus*, *Glyceria*, *Sparganium*, *Ranunculus*...

Les adultes sont très anthropophiles et agressifs, à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations. Dans certaines régions, leur abondance peut constituer localement un véritable fléau (Delta du Danube, littoral méditerranéen...)

Cette espèce mérite d'être recherchée plus systématiquement dans notre région, les gîtes potentiels ne manquent pas.

Aedes (Finlaya) geniculatus (OLIVIER, 1791)

1. Répartition en Alsace.

Cités sous le nom de *Culicada ornata* (MEIGEN, 1818) par ECKSTEIN en 1918, ce moustique arboricole est régulièrement présent dans les inventaires de faune culicidienne d'Alsace (NOELDNER - 1953, CALLOT 1949....). Il suffit en fait de prospecter les gîtes caractéristiques de l'espèce pour découvrir les larves et capturer les adultes, aussi bien dans la forêt que dans les arbres des bords de route et en ville.

2. Ecologie larvaire.

Nous ne reviendrons pas sur les gîtes larvaires de cette espèce qui sont en tous points comparables à ceux de l'autre espèce arboricole de notre région : *Anopheles plumbeus*.

On notera que quelques auteurs (CALLOT, 1939 - RIOUX, 1958, GILLOT, 1968...) ont décrit des gîtes larvaires à *Aedes geniculatus* qui n'étaient pas des trous d'arbres : cuves, creux de rochers etc....

Ceci n'a jamais été signalé en Alsace et nous n'avons jamais pu l'observer.

Aedes geniculatus est récolté dans des creux d'arbres appartenant à des essences fort variées : marronnier, hêtre, frêne, charme, chêne, platane et noyer.

Les larves peuvent être seules (c'est le cas dans 2 trous de frêne et 1 trou de noyer) ou associées à *Anopheles plumbeus*, exceptionnellement à *Culex pipiens*.

Plusieurs espèces de Ceratopogonidae sont régulièrement présentes dans ces gîtes (*Culicoïdes sylvarum*, *Culicoïdes semimaculatus*, *Culicoïdes fagineus*).

3. Populations imaginale.

Aedes geniculatus est un moustique anthropophile et agressif. Il ne semble pas se déplacer très loin des gîtes larvaires d'après les lieux de capture et ne constitue que très exceptionnellement une nuisance.

Aedes (Ochlerotatus) refiki (MEDJID, 1928)

1. Répartition en Alsace.

Sous le nom de *Aedes pseudorusticus* puis d'*Aedes subdiversus*, ce moustique est signalé en Alsace en 1946 par CALLOT dans un rapport au Dr CAYET, Médecin Inspecteur de la Santé.

C'est NOELDNER qui précise en 1953 le statut de cette espèce en rétablissant les synonymies et en consacrant par là même le nom d'*Aedes refiki*.

Cette espèce est considérée comme rare et localisée.

2. Ecologie larvaire.

L'écologie de ce moustique est particulièrement méconnue.

De quelques données assez sommaires, on pourrait tirer une certaine indifférence des larves vis à vis de la taille, de l'exposition et de la nature des eaux du gîte....

Les observations de VOGEL (1929) et de NOELDNER (1953) sembleraient conclure pourtant à une certaine similitude avec *Aedes rusticus*, en ce qui concerne l'écologie larvaire.

C'est en tous cas la seule association larvaire indiquée pour la région (Ernolsheim, Meistratzheim et forêt de Rosheim.)

L'hibernation de l'espèce se ferait sous forme larvaire.

3. Populations imaginale.

On ne connaît pas précisément le comportement trophique des adultes : l'espèce serait anthropophile (GILLOT, 1968).

Le statut de cette espèce nécessiterait de multiples précisions dans la région.

Aedes (Ochlerotatus) caspius (PALLAS, 1771)

1. Répartition en Alsace.

Ce moustique littoral, très répandu sur les côtes atlantiques et méditerranéennes, est un élément régulier de la faune d'Alsace. Il est signalé dès 1946 par CALLOT, en 1953 par NOELDNER.

Dans un article sur les nématocères vulnérants des eaux salées continentales de l'est de la France, KREMER, VERMEIL et CALLOT (1961) s'étonnent de ne pas retrouver ce moustique dans le bassin potassique situé près de Mulhouse (Haut-Rhin).

Nous partageons d'autant plus cet étonnement qu'aujourd'hui, de véritables pullulations de cette espèce dans les gîtes salés du bassin potassique engendrent une nuisance très importante pour les populations*

Mis à part ce site très exceptionnel, il faut souligner que l'espèce est régulièrement présente dans nos captures dans l'ensemble de la région.

KREMER et coll. (1961) affirment que "*Aedes caspius* est très répandu dans les eaux d'inondation ou d'irrigation des rieds et de la vallée de la Bruche où, parfois, il représente 20 % des captures à côté de l'*Aedes vexans*".

En réalité, la grande majorité des gîtes auxquels il est fait allusion dans cet extrait, et qui étaient dus à des pratiques d'inondation volontaire de grandes surfaces de prairies, a disparu aujourd'hui, et avec elles la pullulation des moustiques.

La capture d'*Aedes caspius* est donc régulière, mais reste ponctuelle.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires :

Les gîtes à *Aedes caspius* observés à Wittelsheim dans le bassin potassique sont constitués pour la plupart par des affleurements de la nappe phréatique. Plusieurs gîtes sont formés par les eaux de ruissellement des terrils de déchets très riches en chlorures de sodium.

* Une opération de limitation de la nuisance due à ces moustiques est lancée pour le printemps de 1984 par les autorités locales (Wittelsheim, Richwiller....)

Quelques gîtes enfin sont constitués par des fossés de drainage mal entretenus.

Il est intéressant de noter que dans cette région, la nappe phréatique est salée et donc que les gîtes créés par affleurement de ladite nappe dans des zones dépressionnaires (souvent dus à des affaissements miniers) peuvent être considérés comme semi-halophiles.

Certains gîtes atteignent des taux de chlorures allant jusqu'à 15 grammes par litre (soit la moitié du taux en chlorures de l'eau de mer !).

Il est à noter que nous n'avons jamais trouvé de larves d'*Aedes caspius* ailleurs dans la région, où les captures d'adultes sont pourtant régulières. Divers auteurs affirment que ces gîtes dulçaquicoles sont proches des gîtes larvaires d'*Aedes vexans*. Nous ne pouvons nous prononcer sur ce fait. Les descriptions qui suivent ne concerneront donc que la région du bassin potassique.

2.2. La végétation des gîtes

Deux types principaux de formations végétales accueillent les larves d'*Aedes caspius* : l'aulnaie hygrophile et surtout les roselières à *Phragmites communis*, très étendues dans certains secteurs.

Nous avons prélevé quelques larves également dans des prairies inondées après les pluies printanières, ainsi que dans quelques fossés dépourvus de végétation.

Il va sans dire que dans les plans d'eau hypersalés, il n'y a que quelques troncs d'arbres morts, reliques de la forêt qui s'étendait en ce lieux avant la pollution saline.

2.3. Période de développement larvaire - Densité.

L'éclosion larvaire semble se produire au moment des remontées de nappe liées à la fonte des neiges en plaine et dans les Vosges, et aux pluies printanières. Ceci peut être situé en moyenne au courant du mois d'avril.

Les adultes apparaissent au cours du mois de mai. De nouveaux battements du niveau d'eau dans les gîtes peuvent provoquer des éclosions plus tard dans la saison et les adultes sont présents dans les captures jusqu'au mois de septembre.

Les densités sont très grandes dans certains gîtes et expliquent la nuisance ressentie par les habitants.

2.4. Associations larvaires.

KREMER et coll. (1961), à défaut d'avoir trouvé *Aedes caspius*, avaient néanmoins noté dans ces gîtes la présence d'*Aedes detritus*. Nous ne l'avons pas retrouvé.

Dans les gîtes halophiles, (13 grammes par litre !), seul est présent au côté d'*A. caspius*, *Culex pipiens*.

Dans les gîtes moins salés, on trouve cette espèce mêlée à des larves d'*Aedes rusticus*, *Aedes communis*, *Aedes punctator* et *Aedes cantans-annulipes*.

On signalera également la présence de quelques espèces de Cératopogonides halophiles : *Culicoïdes circumscriptus*, *Culicoïdes riethi*, *Culicoïdes salinarius*.... (KREMER et coll.)

3. Populations imaginale.

Nous avons déjà eu l'occasion d'évoquer la grande agressivité de ce moustique pour l'homme, pendant une période qui s'étend de mai à septembre.

Ce moustique a une réputation de bon voilier et a donc un grand pouvoir de dispersion. On le trouve occasionnellement à l'intérieur des habitations.

Les recherches vont être approfondies sur l'écologie de cette espèce dans le bassin potassique et mériteraient d'être relancées également sur l'écologie larvaire dans les gîtes dulçaquicoles de la plaine d'Alsace.

Aedes (Ochlerotatus) detritus (HALIDAY, 1833)

Cette espèce halophile, typiquement littorale n'a été signalée qu'une seule fois dans la région par KREMER, VERMEIL et CALLOT (1961).

Ce moustique est en effet connu pour sa répartition paléarctique dans les eaux salées littorales, mais également continentales.

Ces auteurs ont donc observé en novembre 1960 et mars 1961 des larves d'*Aedes detritus*.

Les gîtes étaient constitués par une mare de forêt où l'eau contenait (seulement) 0,3 grammes de chlorures au litre et par des canaux voisins où l'eau atteignait 36 grammes de chlorures au litre.

Dans le premier gîte, les larves d'*Aedes detritus* ont été trouvées avec *Culiseta morsitans* et *Anopheles claviger* (octobre 60).

En mars, l'espèce était associée à *Anopheles claviger*, *Aedes cantans-annulipes*, *Aedes rusticus*, *Aedes punctor* et *Aedes communis*.

Un seul gîte grouillait d'*Aedes detritus* seul.

Toutes nos recherches dans cette région n'ont permis la découverte de l'espèce ces dernières années.

Les observations de KREMER, VERMEIL et CALLOT restent donc isolées pour cette espèce. La vigilance reste pourtant de mise dans cette zone particulièrement favorable au développement de ce moustique halophile.

(On notera que l'espèce a également nettement diminué en abondance dans les gîtes salés de Lorraine, où elle est aujourd'hui très difficile à capturer. De nombreux gîtes ont été asséchés).

Aedes (Ochlerotatus) dorsalis (MEIGEN, 1830)

Ce moustique a été signalé pour la première fois par ECKSTEIN en 1918. En réalité, la description donnée par F. ECKSTEIN laisse penser qu'il s'agirait plutôt d'*Aedes caspius*.

En effet, les deux espèces sont très proches et les critères de détermination ne sont pas forcément évidents, surtout pour distinguer les femelles, ce qui était le cas de F. ECKSTEIN.

Nous avons relevé en particulier la description de "deux larges bandes longitudinales blanches sur le thorax, se rejoignant vers l'arrière", caractère qui rappelle étrangement les "deux bandes claires paramédianes qui ornent le mésonotum d'*Aedes caspius* en se prolongeant au scutellum".

L'espèce *Culicada dorsalis* décrite par F. ECKSTEIN dans un pré de Wolfisheim avec *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*, semble donc être *Aedes caspius*.

Nous tenons à rappeler cette remarque de SEGUY (1920) dans un Bulletin de la Société Entomologique de France, à propos des moustiques de la collection MEIGEN conservée au Museum à Paris :

"*Culex punctatus* mâle (= *Aedes caspius*) est identique aux deux femelles venant de BERLIN étiquetées sous le nom de *Culex dorsalis*."

Aedes dorsalis a été incluse dans la liste des culicidés d'Alsace de NOELDNER en 1953 sans le moindre commentaire sur le statut de cette espèce.

En outre, l'espèce a été signalée des gîtes salés de Lorraine par KREMER et Coll. (1961) mais n'a pas été trouvée dans le bassin potassique, alors que ces auteurs l'y ont recherché systématiquement.

Aucune autre observation n'ayant été faite en Alsace, pas plus que dans la plaine du Rhin en Allemagne, nous considérons qu'il n'existe à l'heure actuelle aucune preuve tangible de l'existence de cette espèce dans notre région.

Aedes (Ochlerotatus) dīantaeus (HOWARD, DYAR, KNAB, 1917)

1. Répartition en Alsace.

Cette espèce, signalée par CALLOT en 1946, est considérée par cet auteur comme une "rareté". Cet avis semble confirmé par NOELDNER (1953) qui n'a connu qu'une seule station de cette espèce pendant quelques années (Herrenwald à Vendenheim) d'où elle a disparu apparemment à cause d'une sécheresse répétée.

Ce sont les seules évocations d'*Aedes dīantaeus* dans la région.

Cette espèce n'est d'ailleurs signalée que du Bas-Rhin (RAGEAU, ABONNENC, MOUCHET, 1970) : *Aedes dīantaeus* n'a pas été observé en France par ailleurs.

On notera enfin que l'espèce est signalée de la plaine du Rhin au nord de Karlsruhe (R.F.A.) par BECKER et LUDWIG (1981)

2. Ecologie.

La littérature sur cette espèce n'en est que plus rare et se limite quasiment à la note de NOELDNER (1953) portant essentiellement sur la systématique. Quelques indications brèves sur la biologie larvaires précèdent une description de l'accouplement observé par l'auteur, un "certain 11 juin vers 17 heures [...] sur son pantalon...".

NOELDNER (1953) indique donc que les oeufs hivernent et que les larves éclosent peu après la fonte des neiges. On les trouve alors avec celles de *A. punctator*, de *A. communis* et de *A. cantans*. Il n'y aurait qu'une génération par an.

NATVIG (1948) signale les mêmes associations larvaires, avec *Aedes excrucians* en plus.

Aedes (Ochlerotatus) excrucians (WALKER, 1856)

1. Répartition en Alsace.

Pour cette espèce également, seuls CALLOT (1946) et NOELDNER (1953) ont signalé leur présence en Alsace.

La note de NOELDNER, portant sur la systématique n'apporte que peu d'informations sur la biologie de l'espèce qui n'aurait été observée que dans une seule station, le Herrenwald près de Vendenheim.

2. Biologie et écologie de l'espèce.

Le caractère remarquable de la larve d'*Aedes excrucians* est une paire de crochets située à l'apex du siphon. Ces crochets rappellent ceux des larves de *Culiseta fumipennis* et de *Culex hortensis* qui les utilisent de la même manière pour se fixer à des plantes aquatiques.

De fait, ces larves, exigeant selon NOELDNER des eaux claires et bien aérées contenant des plantes vivantes, se tiennent dans les parties profondes des nappes d'eau et peuvent facilement passer inaperçues. NOELDNER estime que la grande rareté de cette espèce, affirmée également par CALLOT (1946), n'est pas due à la fécondité des femelles qui doit être équivalente à celle d'autres espèces, mais au type de gîte nécessaire au développement larvaire. De tels gîtes ne se formeraient que lors d'années très humides.

Tous les auteurs semblent en effet s'accorder sur cette double exigence des larves : absence de débris végétaux en décomposition et présence de végétaux vivants, mousses ou autres plantes herbacées. (NATVIG, 1948, GILOT, 1968...)

Les associations les plus fréquentes se feraient avec *Aedes punctator*, *Aedes communis* et *Aedes diantaeus*.

GILOT (1968) semble affirmer que cette espèce trouverait en altitude les conditions optimales de son développement.

Aedes (Ochlerotatus) rusticus (ROSSI, 1790)

1. Répartition en Alsace.

Signalée en Alsace par F. ECKSTEIN (1918) sous le nom de *Culicada diversa*, cette espèce est toujours présente dans les inventaires de faune culicidienne de la région (NOELDNER, 1953 - CALLOT, 1949).

Comme le décrit CALLOT (1944), ce grand moustique est "le plus commun des *Aedes* de la forêt". On trouve en effet ce moustique dans toutes les forêts offrant des gîtes potentiels.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires.

Les larves de cette espèce se trouvent dans des gîtes temporaires en sous-bois. Le gîte le plus caractéristique est constitué par "la mare à feuilles", dépression temporairement immergée où croupissent des feuilles mortes. NATVIG et MARSHALL ont souligné ce fait et indiqué que les larves d'*Aedes rusticus* se nourrissent de ces feuilles mortes. Nous avons nous-mêmes observé au laboratoire que les larves "broutent" littéralement les feuilles et ne laissent que des "squelettes de feuilles" formés par le fin réseau de mernuration délaissé par les larves;

Les gîtes ne sont jamais ni très étendus, ni profonds.

L'eau des gîtes que nous avons observés était généralement claire mais CALLOT (1944) signale des gîtes à eau "souillée et putride".

Certains gîtes sont constitués par des fossés forestiers de drainage.

2.2. Végétation du gîte.

A la typologie très caractéristique des gîtes correspond une végétation elle aussi très précise et la description donnée par CALLOT du "plus commun des *Aedes* forestiers" est amplement justifiée.

Deux types de groupements végétaux accueillent en effet les gîtes à *Aedes rusticus* : les forêts hygrophiles à *Alnus glutinosa* et les Magnocaricaies.

A l'instar des fines observations réalisées par MAIRE, GILOT, PAUTOU et AIN dans la région Rhône-Alpes, nous avons trouvé *Aedes rusticus* dans les Aulnaies hygrophiles avec une strate herbacée dominée par des *Carex*, dans des Aulnaies à frênes et dans des Chênaie-charmaies hygrophiles.

Nous l'avons trouvé aussi dans les caricaies à *Carex elata* et dans les boqueteaux formés par les saules cendrés (*Salix cinerea*).

2.3. Période de développement larvaire - Densité

Cette espèce "hiberne" à l'état larvaire. L'éclosion se produit généralement à la faveur des pluies d'automne particulièrement en novembre. (début novembre pour 1981 et 1982 après des pluies d'octobre très abondantes).

Nous avons noté des éclosions en janvier (1982).

Les larves passent l'hiver au 2^e ou 3^e stade et le développement est repris vers février et plutôt mars où les larves atteignent le 4^e stade.

Ce dernier stade est assez long et ce n'est que vers la mi-avril, fin-avril que se produit la nymphose puis la mue imaginale.

Il ne paraît pas y avoir de seconde phase d'éclosion larvaire lors des inondations printanières ou estivales.

Les densités larvaires sont variables mais rarement très grandes. Seuls les gîtes ayant subi une diminution sensible du niveau d'eau présentent des concentrations importantes de larves d'*Aedes rusticus*.

2.4. Associations larvaires.

De par son écologie, cette espèce peut être associée en priorité avec *Culiseta morsitans* dès le début de l'hiver.

Nous avons quant à nous observé surtout les associations avec les espèces pré-vernales telles que *Aedes punctator*, *Aedes communis*, *Aedes cantans*, *Aedes annulipes*. Plus rarement, nous avons trouvé *Aedes cinereus* et exceptionnellement *Aedes sticticus* et *Aedes vexans*.

3. Populations imaginale.

Les adultes apparaissent à partir du mois d'avril et sont faciles à capturer dans la végétation basse alentour des gîtes. Il s'agit d'un moustique très agressif vis à vis de l'homme mais comme ses déplacements paraissent plutôt limités, la nuisance ne se fait sentir le plus souvent que dans les sous-bois.

CALLOT (1944) signale que l'espèce pique également les mammifères et les oiseaux. Il précise enfin que la ponte a lieu à partir d'août.

Dans ce même article, CALLOT décrit de "très nombreux vols nuptiaux" de cette espèce à la mi-mai (à Richelieu - Indre-et-Loire) : "ils ont lieu principalement dans les sentiers et les allées de la forêt, à 1 mètre 50 ou 2 mètres, rarement plus, au-dessus du sol. Ces vols, composés parfois de près de cent individus, sont de grande amplitude sur le plan horizontal.

Ils peuvent être mêlés à ceux de l'*Aedes cantans*".

Aedes (Ochlerotatus) cantans (MEIGEN, 1818)

1. Répartition en Alsace.

Signalé par ECKSTEIN (1918), ce moustique "forestier" est régulièrement présent dans les inventaires de faune culicidienne de la région.

C'est en effet un moustique très commun, voire abondant dans les forêts où il constitue une nuisance parfois non négligeable aux côtés d'*Aedes rusticus* et *Aedes annulipes*.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires :

Il convient de souligner ici l'indiscernabilité des larves d'*Aedes cantans* et *Aedes annulipes*. En effet, seul l'examen des hypopygiums permet de distinguer sûrement les deux espèces.

Ainsi, seuls les larves ayant été élevées au laboratoire et ayant donné des mâles, peuvent être considérées dans l'étude des gîtes larvaires.

Les gîtes d'*Aedes cantans* sont traditionnellement opposés à ceux d'*Aedes annulipes*. Toutefois, la distinction n'est pas absolue et certains gîtes sont communs aux deux espèces.

Le gîte larvaire le plus fréquent dans notre région est constitué par la "mare à feuilles", gîte temporaire ou semi-permanent en sous-bois, dépourvu la plupart du temps de végétation vivante, et dont le fond est tapissé par des feuilles mortes. Les dépressions en forme d'entonnoirs dues aux bombardements constituent un exemple caractéristique de ce type de gîte.

Nous avons également récolté des larves d'*Aedes cantans* dans un fossé de drainage, toujours en forêt ; ce fossé contenait une eau très claire et n'était pas colonisé par la végétation, mais tapissé de feuilles mortes.

On aura noté que ce type de gîte correspond aux gîtes larvaires décrits pour *Aedes rusticus*.

2.2. Végétation du gîte :

La végétation du gîte proprement dit est donc quasi-nulle. En ce qui concerne les essences ligneuses qui forment le couvert végétal, il n'y a apparemment aucune préférence et l'espèce se retrouve dans les Aulnaies hygrophiles, dans la Saussaie à *Salix alba*, dans la forêt à bois dur sur les levées alluviales et parfois sous les bosquets formés par les saules cendrés (*Salix cinerea*).

On notera, par rapport à *Aedes rusticus*, un caractère sylvatique beaucoup plus marqué chez *Aedes cantans* qui se limite à des gîtes couverts, obscurs.

2.3. Période des développements larvaires - Densité.

Une autre différence avec *Aedes rusticus* est la période d'éclosion des larves. Ainsi, alors que les larves d'*Aedes rusticus* apparaissent dès l'immersion des gîtes lors des pluies automnales, les larves d'*Aedes cantans* n'éclosent que lors de la fonte des neiges, c'est-à-dire à partir du mois de février et plutôt au courant de mars.

Le développement larvo-nymphal se déroule alors pour aboutir à l'émergence des imagos vers la fin d'avril et le début de mai.

Il s'agit d'une espèce monocyclique.

A la suite de MARSHALL (1938) et CALLOT (1944), nous avons observé des larves d'*Aedes cantans* au courant du mois de juin, alors que les adultes étaient déjà fort agressifs : il s'agirait "d'éclosions retardées", n'intervenant que lors des inondations estivales. MARSHALL considère que tous les oeufs n'ont pas la même valeur biologique.

Les densités larvaires ne sont jamais très importantes et le plus souvent comparables à celles d'*Aedes rusticus*.

2.4. Associations larvaires :

L'association la plus régulière se fait avec *Aedes rusticus*. Elle est donc théoriquement possible avec *Culiseta morsitans*.

Nous l'avons observé avec *Aedes annulipes*, *Aedes communis* et *Aedes punctator*, occasionnellement avec *Aedes cinereus*, rarement avec *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*.

3. Populations imaginales.

Comme nous l'avons signalé, et plusieurs auteurs le rappellent, il s'agit d'une espèce anthropophile très agressive. Ceci est particulièrement sensible en sous-bois où les "attaques" combinées de *A. cantans*, d'*A. annulipes* et de *A. rusticus* sont redoutables, surtout à proximité des gîtes larvaires dont ces espèces ne semblent pas s'éloigner beaucoup.

On trouve les adultes de mai à août environ.

Les femelles pondront dans les gîtes asséchés en été.

CALLOT (1944) décrit le vol nuptial comme se déroulant à 1 m 75 ou 2 mètres du sol, le plus souvent à l'ombre dans des chemins forestiers.

Les mâles, au nombre d'une cinquantaine, se déplacent horizontalement sur une distance de 3 mètres. On assiste à l'accouplement, avec chute du couple.

Les femelles sont agressives toute la journée et ne semblent pas pénétrer à l'intérieur des maisons.

Aedes (Ochlerotatus) annulipes (MEIGEN, 1830)

1. Répartition en Alsace.

Le statut de cette espèce est très comparable à celui d'*Aedes cantans*. *Aedes annulipes* est présent dans tous les inventaires parus depuis 1918.

Rappelons que c'est l'examen des hypopygiums qui permet de distinguer l'espèce d'*Aedes cantans*. Les deux espèces sont quasiment indiscernables au stade larvaire.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires

Le gîte larvaire le plus fréquent pour cette espèce est constitué par des zones temporairement inondables largement ouvertes et dégagées. Les gîtes s'opposent en cela aux gîtes d'*Aedes cantans*. Ainsi, dans le sous-bois, nous n'avons trouvé qu'une seule fois les deux espèces associées dans le même gîte. En revanche, plusieurs gîtes n'avaient pas cette caractéristique de large ouverture que l'on attribue en général à l'espèce, qui paraît plus "polyvalente".

2.2. Végétation du gîte.

Il s'agit donc des formations d'hélophytes représentées entre autre par les roselières à *Phragmites communis* et les cariçaies. Un autre type de gîte était constitué par des dépressions immergées de zones de culture récemment abandonnées : dans ces dépressions se développaient la renoncule rampante (*Ranunculus repens*) et l' "herbe aux écus" (*Lysimachia nummularia*).

On notera que de nombreux gîtes n'ont pu être attribués à l'une ou à l'autre espèce, faute d'avoir obtenu les mâles indispensables à la détermination des larves.

2.3. Période de développement larvaire.

Il semble que l'espèce se développe plus tardivement qu'*Aedes cantans*.

En effet, nous avons toujours observé les larves d'*Aedes cantans* avant celles d'*annulipes* qui paraissent vers le mois d'avril, avec les premières montées du Rhin à la fin du printemps.

MARJOLET (1977) est le seul auteur à signaler cette différence de date d'éclosion entre *cantans* et *annulipes*.

Aedes annulipes aurait de ce fait une durée de développement larvo-nympheal plus courte que *A. cantans* puisque l'émergence des adultes semble intervenir au même moment, vers la fin avril.

Ceci est observable grâce aux captures d'adultes dans la végétation basse autour des gîtes larvaires. Les mâles émergent les premiers et marquent de leur apparition la date du début de la vie imaginaire.

Il n'y a qu'une seule génération annuelle.

Les densités larvaires sont comparables à celles d'*Aedes cantans*, on n'observe jamais de grandes concentrations.

2.4. Associations larvaires

L'association caractéristique est réalisée avec *Aedes vexans* et *Aedes sticticus* mais on l'observe également avec *Aedes cinereus*, *Aedes rusticus*, *Aedes communis*, *Aedes punctator* et occasionnellement avec *Aedes cantans*.

3. Populations imaginaires.

C'est un moustique anthropophile et agressif. Présent dans toutes les captures, il semble pénétrer occasionnellement dans les habitations. Nous l'avons capturé dans une étable, dans une cabane de chasse, mais surtout dans les sous-bois. A la suite de plusieurs auteurs (MARJOLET, 1977, CALLOT, 1944), nous avons remarqué que le pic d'agressivité de cette espèce se situait plutôt au lever du jour, contrairement à l'ensemble des autres espèces anthropophiles pour lesquelles c'est le coucher du soleil qui détermine l'agressivité.

Les adultes sont présents de mai à août.

Il serait très intéressant d'approfondir l'écologie comparée des deux espèces *Aedes cantans* et *Aedes annulipes*, par l'élevage systématique de toutes les larves récoltées. Il s'agit là du seul moyen de distinguer les deux espèces et donc de préciser éventuellement les similitudes et les divergences de leur biologie.

Nous pensons en effet que trop d'auteurs, et nous en sommes pour partie, ont tendance à résoudre les problèmes en ne considérant qu'une seule espèce rapidement désignée par *Aedes cantans-annulipes*.

Les quelques observations concernant ces deux espèces semblent montrer des écologies assez distinctes qu'il conviendra de préciser.

Aedes (Ochlerotatus) communis (DE GEER, 1776)

1. Répartition en Alsace.

Signalée par ECKSTEIN (1918) sous le nom de *Culicada nemorosa*, cette espèce est présente dans tous les inventaires de faune culicidienne de la région. *Aedes communis* semble justifier son nom par une répartition régulière dans toutes les forêts de la plaine d'Alsace.

2. Ecologie larvaire.

2.1. Gîtes larvaires

Moustique forestier, *Aedes communis* semble occuper des gîtes de sous-bois.

C'est encore un moustique de la "mare à feuilles" et plusieurs auteurs semblent relever l'importance des débris végétaux dans l'eau des gîtes.

Cependant, on peut trouver les larves d'*Aedes communis* dans des gîtes où pousse une végétation abondante à partir du printemps. (*Carex*, *Phragmites*, mousses etc...)

Cette végétation ne caractérise cependant pas les gîtes en question.

2.2. Période de développement larvaire

NOELDNER (1953) affirme que *Aedes communis*, à l'instar d'*Aedes punctator*, est un moustique de fonte des neiges. ("Snow-mosquito" des auteurs américains.) L'immersion des gîtes, formés selon cet auteur par des trous ou des cavités du sol où s'amassent les feuilles mortes, provoque l'éclosion des larves vers la mi-janvier, parfois même dès le mois de décembre. On peut alors trouver des larves sous une couche de glace de plusieurs centimètres.

CALLOT (1944) confirme que l'espèce vit en Alsace dans des mares formées par la fonte des neiges dans les dépressions du sol.

Nous avons nous-mêmes observé cela et il est notable que les larves d'*Aedes communis* sont les premières à accompagner *A. rusticus* dès le mois de janvier (13 Janvier en 1983).

Le développement larvo-nymphe dure jusque vers la mi-avril.

Il n'y a qu'une seule génération annuelle.

Les larves sont toujours en petits nombres dans les gîtes considérés ; il y a en tous cas toujours plus de larves d'*Aedes rusticus* et même d'*Aedes cantans*.

2.4. Associations larvaires.

L'association caractéristique se fait avec *Aedes rusticus*, *Aedes cantans* et *Aedes punctor*. Moins régulièrement, on trouvera *Aedes annulipes* et *Aedes cinereus*, et rarement *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*.

3. Populations imaginale.

L'espèce est régulièrement présente dans les captures de mai à août environ. Cependant, elle est toujours représentée par quelques exemplaires et les populations ne sont pas très denses.

C'est un moustique apparemment meilleur voilier que les autres *Aedes* forestiers.

Les femelles examinées doivent être déterminées avec beaucoup d'attention car la confusion avec certains individus d'*Aedes sticticus* est toujours possible.

Aedes (Ochlerotatus) punctor (KIRBY, 1837)

1. Répartition en Alsace.

ECKSTEIN n'a pas signalé cette espèce dans son inventaire systématique publié en 1918. Ce travail ne portait que sur l'étude des femelles et c'est probablement pour cela que l'espèce a échappé à cet auteur : la confusion est en effet possible si l'on n'examine pas les mâles ou les larves.

Mais CALLOT (1946) et NOELDNER (1953) ont rectifié cet oubli en ne donnant somme toute que peu de précisions sur cette espèce. NOELDNER (1953) cite la forêt du Herrenwald (Vendenheim), la forêt du Rhin et la forêt de Rosheim, ainsi qu'un marais de montagne à Rond Pertuis dans la haute-vallée de la Bruche.

2. Ecologie larvaire

2.1. Gîtes larvaires

Il s'agit encore d'un "moustique forestier", le "plus fréquent parmi les *Aedes* des bois" selon CALLOT (1944). Cet auteur situe les gîtes dans des endroits dégagés.

Nous n'avons nous-mêmes trouvé que trois gîtes où se développaient des larves d'*A. punctor* en plaine. Ces trois gîtes étaient constitués par des "mares à feuilles" dans deux cas, un fossé de drainage forestier pour le troisième.

En revanche, nous avons observé à deux reprises des grandes populations larvaires d'*A. punctor* dans des tourbières vosgiennes, où l'espèce semble atteindre son développement optimal d'après nous. CALLOT indique que cette espèce est typique des tourbières d'Europe Centrale.

2.2. Végétation des gîtes.

Absente des "mares à feuilles", la végétation observée dans les gîtes montagnards est typique des tourbières vosgiennes. Sur une base de sphaignes croissent toutes les espèces classiques de ce milieu très caractéristique dont voici une liste sommaire (relevée alentour du site de prélèvement des larves dans le gîte larvaire de la tourbière de l'Etang du Devin - Le Bonhomme) :
Menyanthes trifoliata, *Myosotis palustris*, *Eriophorum latifolia* et *vaginatum*, *Ranunculus aconitifolius*, *Viola palustris*, *Drosera rotundifolia*, *Cicuta virosa*, *Parnassia palustris*, *Cardamine amara*, *Vaccinium oxycoccos*, *Carex ampullacea*, *Carex goudenoughii*, *Carex stellulata*...

2.3. Période de développement larvaire - Densité.

CALLOT (1944) affirme que les larves éclosent à la faveur de pluies abondantes dès la fin de l'automne, à l'instar par exemple d'*Aedes rusticus*. NOELDNER (1953) situe l'éclosion synchrone à celle d'*Aedes communis*, fin décembre ou mi-janvier;

Nous n'avons pas observé l'éclosion des larves d'*Aedes punctor* pendant la période hivernale et leur découverte, dans trois gîtes seulement, en mars et juin ne permet pas de déterminer la date d'éclosion.

En revanche, la deuxième découverte en début juin 83 de deux gîtes larvaires à *Aedes punctor* semble confirmer les possibilités de cette espèce de produire plusieurs générations annuelles.

NOELDNER faisant remarquer en effet que si les gîtes ne se remplissaient pas en hiver faute d'eau, l'éclosion pouvait se produire en juin. CALLOT a également constaté des larves de deuxième génération en mai-juin et affirme même qu'un été particulièrement pluvieux peut engendrer une troisième génération.

Ce phénomène permettrait d'expliquer la présence d'*Aedes punctor* dans les captures fin septembre (1982).

2.4. Associations larvaires.

L'espèce est associée traditionnellement dans la littérature à *Aedes communis*. Nous avons observé cette association, avec en plus *Aedes rusticus* et *Aedes cantans*.

CALLOT décrit l'association avec *Aedes cinereus*, *Aedes vexans* et *Aedes sticticus* pendant les inondations estivales, c'est-à-dire avec les espèces polyvoltines.

L'espèce était seule dans les tourbières vosgiennes.

3. Populations imaginaires

Aedes punctor est une espèce anthropophile mais la rareté de ce moustique le rend très négligeable en ce qui concerne une éventuelle nuisance.

En fait, les grandes populations issues d'une des tourbières (Etang du Devin) causent des désagréments certains aux marcheurs et éventuels campeurs. Une auberge située à près de 600 mètres de là jouit amplement de la présence de ce moustique qui ne pénètre toutefois pas dans l'habitation. L'espèce est donc très agressive pour l'homme.

NOELDNER (1953) signale la capture, le 2 juin 1936, d'une femelle de *punctor* sur la trompe de laquelle était fixé le mallophage parasite des cervidés : *Trichodectes tibialis*.

(Nous avons signalé ce parasite comme très fréquent sur les femelles d'*Aedes cinereus*).

Aedes (Aedes) cinereus (MEIGEN, 1818)

1. Répartition en Alsace

Signalé dès 1918 par F. ECKSTEIN, ce moustique peut être considéré comme un élément permanent de la faune culicidienne d'Alsace.

Il est régulièrement cité dans les inventaires entomologiques de notre région et nous l'avons observé très souvent, à l'état de larve ou d'imago. Il semble être cantonné à la plaine. Aucune capture n'est signalée à une altitude supérieure à 400 mètres.

Présence en Allemagne d'*Aedes rossicus*.

Il convient de noter à propos d'*Aedes cinereus*, l'existence d'une espèce voisine décrite en 1930 par DOLBESKIN, GORICKAJA et MITROFANOVA : *Aedes (Aedes) rossicus*.

En effet, cette espèce dont seuls les mâles se distinguent vraiment d'*Aedes cinereus* par la structure de leur hypopygium, est régulièrement signalée par les observateurs ouest-allemands, juste de l'autre côté de la frontière. (BECKER (1980, 1981)). Nous avons été étonnés de ne jamais trouver *Aedes rossicus* dans nos captures, en particulier parmi les nombreux mâles dont nous avons examiné l'hypopygium.

Il serait intéressant de surveiller ces espèces, la présence d'*Aedes rossicus* n'ayant jamais été signalée en France.

Les caractères différentiels de l'hypopygium sont les suivants : outre l'insertion du style nettement sub-apicale sur le coxite (ce qui caractérise le sous-genre *Aedes*), ce style n'est pas bilobé mais simplement arrondi ou un peu élargi. Le style d'*Aedes cinereus* est quant à lui très nettement bilobé, en "queue de poisson".

2. Ecologie larvaire

2.1. Gîtes larvaires

Les larves de cette espèce ont été récoltées dans des gîtes assez divers. De la mare temporaire en forêt jusqu'aux inondations par remontée de nappe phréatique dans les prairies humides, en passant par quelques fossés de drainage et flaques d'eau de pluie, il ne paraît pas y avoir de gîte type.

Ces gîtes larvaires sont toutefois exclusivement temporaires, ou à la limite semi-permanents ; mais ils sont toujours le siège de variations notables du niveau d'eau. Cette eau peut provenir de remontées de nappe phréatique, de la pluie mais aussi de la fonte des neiges.

2.2. Végétation du gîte :

La trop grande variété du gîte ne permet pas de décrire une végétation indicatrice de la présence de l'espèce : ainsi, on trouvera *Aedes cinereus* dans les roselières (niveau à *Phragmites communis*), dans les cariçaies (niveau à *Carex sp.*) mais aussi dans les aulnaies, aulnaies à frêne, dans la saussaie à saules blancs (*Salix alba*), dans la forêt à bois dur et dans des fossés dépourvus de végétation.

2.3. Période de développement larvaire - Densité.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, l'espèce apparaît le plus souvent dans les eaux de fonte des neiges. Plusieurs auteurs américains insistent sur ce fait et rangent l'espèce parmi les "snow-mosquitoes". (CARPENTER, 1955).

Ceci peut se dérouler dans notre région à partir de la fin de février et au courant du mois de mars. C'est effectivement à ce moment qu'apparaissent les larves de premier stade, dans les fossés de drainage en forêt et dans les mares temporaires créés par la neige fondue.

Le développement larvaire est assez lent et les premiers adultes n'apparaissent pas avant la mi-avril.

D'autres phases d'éclosion sont possibles lors des inondations printanières, voire même estivales. On peut ainsi observer des larves jusqu'à la fin de juillet ou la mi-août.

Les densités larvaires sont moyennes et n'atteignent jamais les pullulations observées dans les mêmes gîtes pour des espèces telles que *Aedes vexans*.

2.4. Associations larvaires.

Dans les gîtes hivernaux, on peut trouver *Aedes cinereus* associé à *Aedes rusticus*, *Aedes cantans-annulipes*, *Aedes punctator*, *Aedes communis*.

Dans les gîtes printaniers et estivaux, c'est classiquement avec *Aedes sticticus* d'abord, puis avec *Aedes vexans* que l'on observe ce moustique.

3. Populations imaginaires.

Ce moustique est présent dans presque toutes les captures. Les populations ne sont jamais très importantes.

Il s'agit d'une espèce anthropophile mais assez peu agressive.

Les femelles semblent se déplacer assez loin des gîtes larvaires.

On peut observer les adultes de cette espèce polycyclique jusqu'au mois de septembre environ.

C'est l'espèce la plus régulièrement parasitée par *Trichodectes tibialis*.

Aedes (Ochlerotatus) sticticus (MEIGEN, 1838)

1. Répartition en Alsace.

Signalée par F. ECKSTEIN en 1918 sous le nom de *Culicada nigrina*, synonyme probablement de *Culicada lateralis*, *Aedes sticticus* est une espèce peu connue de la région mais régulièrement citée.

CALLOT (1944) indique la proximité écologique de l'espèce avec *Aedes vexans*. NOELDNER (1953) se contente de citer l'espèce dans la faune culicidienne d'Alsace.

Il est fort possible que l'absence d'information sur cette espèce soit liée aux problèmes de détermination. La femelle est très voisine d'*Aedes communis*, tandis que l'hypopygium ressemble à celui d'*Aedes punctator* et que les critères de détermination de la larve sont loin de faire l'unanimité entre les auteurs.

Nous manquons nous-mêmes d'informations sur cette espèce, en particulier sur le stade larvaire.

Toutes les observations ont en fait confirmé que les larves d'*Aedes sticticus* sont toujours associées à celles d'*Aedes vexans*.

Cette étude fait l'objet du chapitre qui suit.

De même pour les observations sur l'écologie des populations imaginaires.

Aedes (Aedimorphus) vexans (MEIGEN, 1830)

Cette espèce, déjà signalée par ECKSTEIN sous le nom de *Culicada vexans* est très commune dans la région, et tout particulièrement dans la plaine du Rhin.

La "réputation" de ce moustique est due à la fois à son agressivité féroce pour les appâts humains et à son grand pouvoir de dispersion.

De véritables pullulations suivent les inondations dues aux crues du Rhin et cette espèce, à laquelle Goethe fait allusion dans ses souvenirs de Sessenheim, est couramment appelée "moustique du Rhin" (Rheinschnake).

Cette expression désigne d'ailleurs très probablement les deux espèces *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*, dont les biologies sont très comparables.

Les "moustiques du Rhin" sont ainsi opposés aux "moustiques domestiques" (Hauschnaken en Allemagne) qui désignent les *Culex* et *Culiseta*, et principalement *Culex pipiens*.

C'est la biologie et l'écologie de ces "moustiques du Rhin" qui font l'objet du chapitre troisième, à propos des observations que divers auteurs ont pu faire sur ces espèces, mais également des travaux que nous avons réalisés dans le secteur Seltz-Lauterbourg depuis 1981 et qui ont essentiellement porté sur *Aedes vexans*.

Seront ainsi détaillés dans ce chapitre troisième, la dynamique des populations préimaginales et imaginaires, la cartographie des gîtes larvaires ainsi que les rapports de cette espèce culicidienne avec la faune annexe des parasites et prédateurs.

Aedes vexans est un moustique holarctique à très vaste répartition.

En France, il est signalé en différents points du territoire mais ce n'est que dans les vallées du Rhin et du Haut-Rhône qu'il cause des troubles sérieux. Cette affinité marquée de l'espèce pour les vallées fluviales lui a valu le nom de "moustique fluvatile" (= "flood-water mosquito")

Tableau 2 : ETHOLOGIE,
CHOROLOGIE, BIOLOGIE
des CULICINAE D'ALSACE.
RECAPITULATION

	COMPORTEMENT ALIMENTAIRE			REPARTITION DE L'ESPECE EN ALSACE PRESENCE A CONFIRMER ? RARE + COMMUNE ++ ABONDANTE +++	TYPES DE GITES LARVAIRES			STADE HIBERNANT		
	ANTHROPOPHILE	Autre	BATRACOPHILE		ARTIFICIELS	NATURELS	CREUX D'ARBRE	ADULTE	LARVE	OEUF
<i>Anopheles maculipennis</i>		+		++		+		+		
<i>Anopheles claviger</i>	+			?		+			+	
<i>Anopheles plumbeus</i>	+			+			+	+	(+)	
<i>Aedes cinereus</i>	+			++		+				+
<i>Aedes geniculatus</i>	+			++			+			+
<i>Aedes vexans</i>	+			+++		+				+
<i>Aedes rusticus</i>	+			++		+			+	
<i>Aedes punctor</i>	+			++		+			(+)	+
<i>Aedes sticticus</i>	+			+++		+				+
<i>Aedes communis</i>	+			++		+			(+)	+
<i>Aedes detritus</i>	+			?		+			+	
<i>Aedes caspius</i>	+			++		+				+
<i>Aedes dorsalis</i>	?			?		+				
<i>Aedes excrucians</i>	?			?		+				+
<i>Aedes dianiaeus</i>	?			?		+				+
<i>Aedes refiki</i>	+			?	(+)	+			+	
<i>Aedes cantans</i>	+			++		+				+
<i>Aedes annulipes</i>	+			++		+				+
<i>Culex pipiens</i>	+	+		++	+	+	(+)	+		
<i>Culex torrentium</i>		+		+	+	+		?		
<i>Culex theileri</i>	+			+	+	+		+		
<i>Culex hortensis</i>			+	++	+	+		+		
<i>Culex territans</i>			+	+		+		+		
<i>Culiseta annulata</i>	+			++	+	+	(+)	+		
<i>Culiseta subochrea</i>	+			?	+	+		+		
<i>Culiseta alaskaensis</i>	(+)	+		+		+		+		
<i>Culiseta glaphyoptera</i>		+		?		+		+		
<i>Culiseta morsitans</i>		+		+		+			+	(+)
<i>Culiseta fumipennis</i>		+		?		+			+	
<i>Culiseta longiareolata</i>		+		?	+	+				
<i>Coquillettidia richiardii</i>	+			?		+				

Tableau 3 : PERIODES DE DEVELOPPEMENT DES PRINCIPALES ESPECES DE CULICINAE D'ALSACE

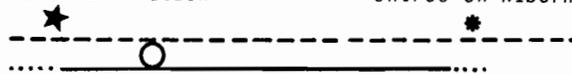
N D J F M A M J J A S O

<i>Aedes vexans</i>							○	-----
<i>Aedes sticticus</i>							○	-----	-----
<i>Aedes cinereus</i>							○	-----	-----
<i>Aedes caspius</i>							○	-----	-----
<i>Aedes cantans</i>							○	-----	-----
<i>Aedes annulipes</i>							○	-----	-----
<i>Aedes rusticus</i>							○	-----	-----
<i>Aedes communis</i>							○	-----	-----
<i>Aedes punctor</i>							○	-----	-----
<i>Aedes geniculatus</i>							○	-----	-----
<i>Culiseta annulata</i>	*				*		○	-----	-----
<i>Culex pipiens</i>				*			○	-----	*
<i>Culex hortensis</i>			?	*			○	-----	*
<i>Culex territans</i>				*			○	-----	*
<i>Anopheles maculipennis</i>				*			○	-----	*
<i>Anopheles plumbeus</i>			?				○	-----	-----

LEGENDE :

levée d'hibernation

entrée en hibernation



première émergence d'imagos

développement imaginal
développement larvo-nymphal

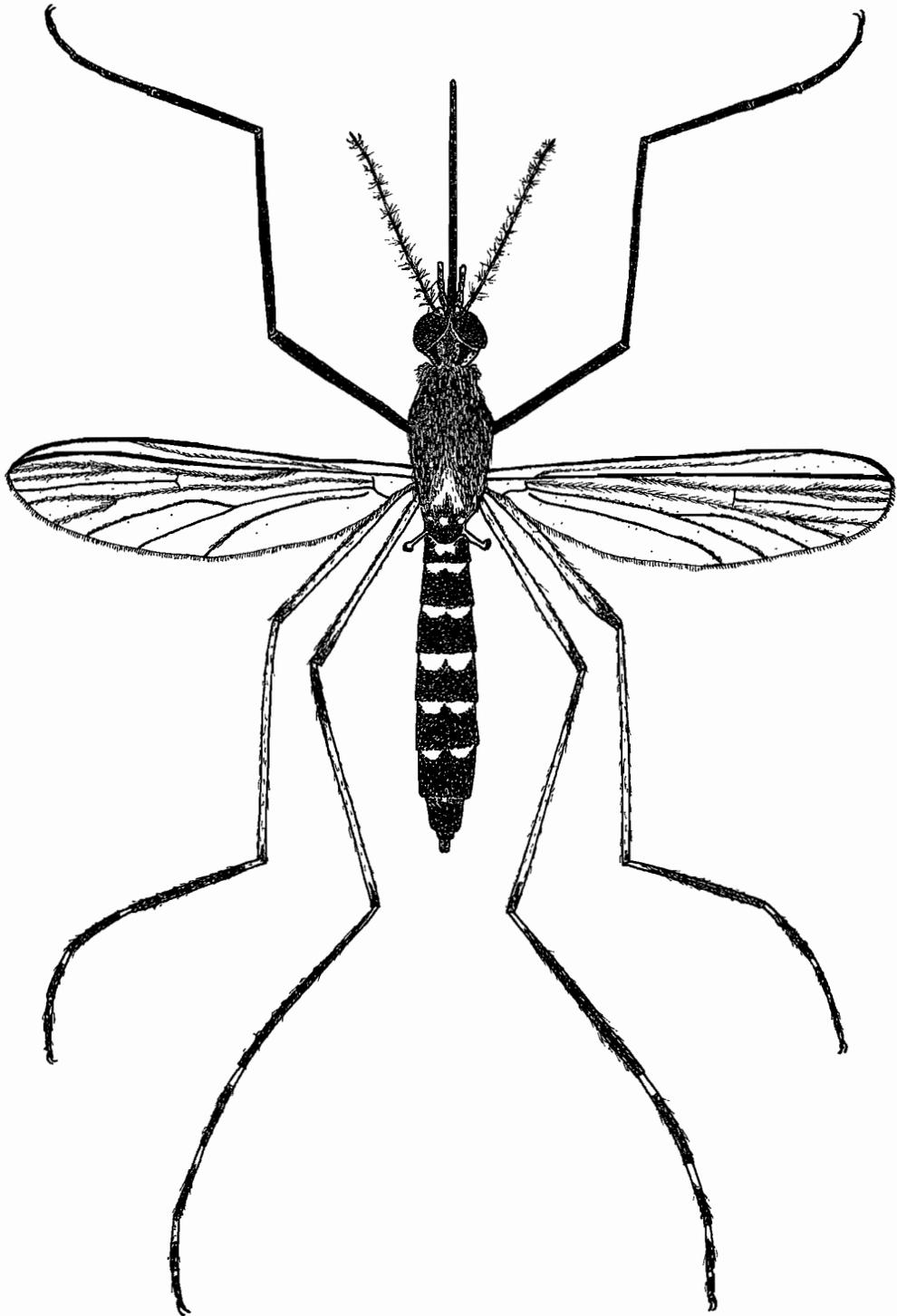
CHAPITRE TROISIEME

B I O L O G I E E T E C O L O G I E D ' A E D E S V E X A N S

"Les Aedes constituent en réalité la cause de tout le mal. Et parmi eux, un seul mérite qu'on s'en préoccupe car il est tellement plus redoutable que les autres qu'il les laisse absolument dans l'ombre : Aedes vexans....."

Dr J. CALLOT

(Rapport au Dr CAYET, Inspecteur Divisionnaire de la Santé - 29 Septembre 1949)



Aedes (Aedimorphus) vexans MEIGEN 1830.

CHAPITRE TROISIEME

BIOLOGIE et ECOLOGIE d'AEDES VEXANS

I. NOTES BIOLOGIQUES

Nous donnerons ici quelques éléments du cycle biologique de l'espèce.

Comme chez tous les Culicinae, seule la femelle est hématophage et assure, grâce aux protéines du sang ainsi prélevées, la maturation des oeufs ; le mâle se nourrit de nectar et de divers sucres végétaux, lesquels ne sont d'ailleurs pas dédaignés par la femelle.

Après un repas sanguin, l'ovogenèse dure quelques jours pendant lesquels la femelle est au repos dans la végétation. Les oeufs sont déposés sur un sol humide, potentiellement inondable. C'est l'immersion de ces oeufs qui déclenchera l'éclosion peu après la mise en eau du gîte.

Le développement larvo-nymphal (4 stades larvaires, 1 stade nymphal) se poursuit dans l'eau pendant une période plus ou moins longue suivant la température.

L'émergence des mâles précède celle des femelles de 24 à 48 heures.

La fécondation a lieu dans les jours qui suivent au sein de vols nuptiaux. Fécondée, la femelle s'envole à la recherche d'un hôte pour le repas sanguin.

L'hibernation a lieu à l'état d'oeufs, dans la couche superficielle du sol.

II. DYNAMIQUE DES POPULATIONS PREIMAGINALES

La dynamique des populations préimaginales concerne d'une part les oeufs, d'autre part les larves et nymphes.

1. Les oeufs :

L'oeuf est le stade d'hibernation des espèces du genre *Aedes* sous nos latitudes, à l'exception d'*A. rusticus* qui hiberne à l'état larvaire.

1.1. La ponte :

On a peu de détails sur l'acte même de la ponte. Dans les conditions de laboratoire, on peut observer que c'est surtout la nuit que les femelles pondent leurs oeufs. (CALLOT, 1950). En étirant son abdomen, la femelle introduit les oeufs dans la végétation des gîtes (MOHRIG, 1965) et parfois dans des crevasses du sol (CALLOT, 1950). Peu après la ponte, on trouve les oeufs sur les feuilles inférieures des plantes du gîte de ponte, rarement sur le sol nu.



Fig. 11 : Niveau à *Carex elata* avec boqueteaux de *Salix cinerea* en boules.
Gîte larvaire à *Aedes vexans*, *Aedes sticticus*, et *Aedes cinereus*.

1.2. Choix du gîte de ponte :

La ponte ne se fait pas au hasard : du lieu de ponte dépend en effet le développement de la larve.

Les oeufs ne sont donc pas déposés sur l'eau mais sur un sol humide potentiellement inondable.

Les femelles recherchent volontiers les points argileux ou limoneux des bas-fonds, pourvu qu'ils présentent une végétation ou au moins une litière végétale. On ne trouve pas d'oeuf sur les sols sablonneux nus (CALLOT, 1950 - GJULLIN et coll. 1950).

Le fond des dépressions semble être préféré, la femelle étant guidée par le taux d'humidité relative du sol (MOHRIG, 1965).

Lorsque le sol est en pente, la zone de ponte est une bande d'autant plus étroite que le sol est plus incliné.

Nous avons observé autour des gîtes à niveau d'eau variable, des bandes concentriques d'oeufs qui correspondent à des époques de pontes différentes conditionnées par des niveaux d'eau successifs.

Sur des berges verticales, comme autour des gravières par exemple, on ne trouve jamais d'oeuf.

Après la ponte, HORSFALL (1963) indique un déplacement vertical des oeufs qui peuvent s'enfoncer jusqu'à 40 mm dans le sol. (le rôle de quelques espèces animales du sol telles que les Lombricidae n'est pas à exclure).

Les oeufs n'éclosent pas, après immersion, lorsqu'ils sont recouverts par 25 mm de terre (GJULLIN, 1950). Ces auteurs pensent que les oeufs enfoncés en-dessous de 6 mm sont généralement perdus.

Travaux personnels.

Outre les quelques observations d'oeufs déposés sur la végétation des gîtes, nous avons effectué un certain nombre de prélèvements de sol. A l'aide d'un emporte-pièce, nous avons ainsi dégagé la couche superficielle du sol sur une épaisseur de 2 à 5 cm et une surface de 10 cm².

Ces échantillons étaient placés au laboratoire dans des bocaux de verre puis immergés.

Les conditions ainsi réunies provoquent l'éclosion d'un certain nombre d'oeufs. Il ne s'agit certainement pas de tous les oeufs présents dans l'échantillon de sol, mais les éclosions permettent d'évaluer comparativement la "productivité" des gîtes de ponte et de déterminer ainsi des gîtes préférentiels, sans aucune autre indication de quantité.

Les résultats peuvent être résumés comme suit :

- Choix du gîte : les éclosions massives ont eu lieu dans les gîtes classiques de l'espèce, c'est-à-dire dans les prairies inondables par remontée de nappe phréatique. Il s'agit la plupart du temps de prairies à *Carex* : cette plante semble offrir un support de ponte très favorable. En effet, les "tourradons" de *Carex elata* dont nous avons prélevé un échantillon présentent les éclosions larvaires les plus abondantes.

Les prélèvements effectués en sous-bois, avec ou sans végétation, sur la litière ou sur sol nu n'ont jamais donné beaucoup de larves, mais la présence d'oeufs dans ces milieux est tout de même régulière.

Les prélèvements de sols situés sous les boqueteaux de saule cendré (*Salix cinerea*) qui sont typiques dans les prairies inondables, ont donné des éclosions d'*Aedes cinereus* surtout, avec quelques rares *A. vexans* et *A. sticticus*.

Enfin, les roselières à *Phragmites communis* sont de bons gîtes de ponte puisque les éclosions y sont importantes.

- Au niveau du gîte lui-même : on distingue nettement les parties les plus basses des gîtes, et donc les plus humides, où les oeufs sont nombreux, des parties hautes où il y a moins d'oeufs pondus.

Des prélèvements effectués pendant la très grande inondation de mai 1983 dans des parties du territoire de Lauterbourg qui sont juste au-dessus du niveau le plus élevé des eaux d'inondation (niveau record pour le siècle) ont montré que cette zone ne contenait pas d'oeufs, aucune éclosion n'ayant été observée à l'immersion de ces échantillons de sol.

Le gradient d'humidité relative du sol semble bien diriger les femelles vers leur lieu de ponte.

- Recouvrement des oeufs : les oeufs recouverts par une certaine hauteur de terre n'éclosent pas. Dans les conditions de laboratoire, des oeufs recouverts par plus de 30 mm de terre végétale n'ont jamais éclos.

Sur le terrain, nous avons observé que les zones labourées par les agriculteurs ne présentent presque jamais d'éclosions lorsqu'elles viennent à être immergées. (Certains préconisent même cette méthode pour lutter contre ce moustique.....)

En 1983, les inondations exceptionnelles ont immergé des zones de culture : dans un de ces champs, une végétation basse (à *Ranunculus repens* et quelques *Phragmites communis*) s'était développée en 1982. Cette zone a été labourée à l'automne et du blé a été semé. Au moment de l'inondation en mai 83, pour le moins inattendue dans ce secteur, seules les ornières, dues au passage du tracteur pour les traitements agricoles, ont présenté des éclosions larvaires.

Les femelles avaient donc pondu dans cette zone, les oeufs avaient été "enterrés" par le labour et remis à jour par les roues du tracteur.

1.3. Eclosion des oeufs :

Le développement embryonnaire d'*A. vexans* consécutif à la ponte, dure de 4 à 8 jours, voire 10 jours dans la nature (MOHRIG, 1965).

Les oeufs fraîchement pondus sont blancs et se pigmentent au contact de l'air jusqu'à devenir noirs après une heure environ. Ils durcissent également et dès la fin du développement embryonnaire, ils sont résistants à la dessiccation.

1.3.1. Quiescence :

Les oeufs peuvent rester quiescents pendant plusieurs mois, voire plusieurs années. Les auteurs s'accordent pour affirmer que les oeufs éclosent encore facilement après 2 ans. Certains ont observé des longévités de sept ans mais on sait qu'au bout de cinq ans, 1 % seulement des oeufs est encore capable d'éclore (STRONG, CALLOT 1950)

Les oeufs sont résistants à la sécheresse, au froid et à une submersion défavorable. Le froid aurait même chez *Aedes vexans*, comme pour d'autres *Aedes*, une action favorisante.

Nous avons observé en effet que les prélèvements de sol effectués à la fin de l'été (août, septembre) ne donnent que très peu d'éclosions par rapport aux prélèvements effectués avant les inondations printanières (mars).

Le froid hivernal semble donc être un des éléments nécessaires pour permettre une levée ultérieure de la quiescence.

1.3.2. Stimuli d'éclosion :

Dans la nature, la séquence des phases nécessaires pour permettre l'éclosion des oeufs d'*Aedes vexans* consiste en

- un laps de temps minimum pour le développement embryonnaire,
- un intervalle d'assèchement avant la submersion,
- une submersion à une température favorable, supérieure à 10°C.

selon HORSPELL (1956), BRUST et COSTELLO (1959).

C'est alors la réduction du taux d'oxygène dissous dans l'eau qui constitue le stimulus final d'éclosion (GJULLIN, 1941).

CALLOT (1950) indique que l'éclosion a lieu quand le taux d'oxygène dissous tombe de 7 à 3 ppm.

Ce facteur a été étudié par SINEGRE (1979) sur les espèces *Aedes caspius* et *Aedes detritus*. Il est précisé dans ce travail que c'est la chute de teneur en oxygène dissous à l'interface eau-sol qui est importante, et non pas les variations de ce même facteur en pleine eau.

Nous avons déjà relevé que l'éclosion n'intéresse qu'une partie du capital des oeufs présents sur le substrat à chaque submersion.

Les oeufs restants n'éclosent qu'après un nouvel assèchement suivi d'une submersion.

SINEGRE conclut donc que si les variations nycthémerales du taux d'oxygène dissous, observées dans la masse de l'eau des gîtes temporaires, (sous l'influence de la photosynthèse ou de la respiration des organismes aquatiques) se répercutaient à l'interface eau-sol, les oeufs non éclos seraient stimulés à chaque nycthémère. S'il en était ainsi, on assisterait à des éclosions échelonnées dans le temps après la submersion ; or, sauf exception, ce processus n'est jamais observé. On pense donc que la microzone constituée par l'interface eau-sol est constamment déficitaire en oxygène dès les premiers instants qui suivent la mise en eau.

Cette désoxygénation immédiate est d'origine bactérienne.

GILLET et coll. (1977) ont montré que les éclosions larvaires sont justement les plus nombreuses chez les oeufs entourés d'un plus grand nombre de bactéries, favorisant cette fois la réduction de l'oxygène dissous dans l'eau à la surface de l'oeuf.

Nous avons quant à nous observé une éclosion échelonnée dans un gîte larvaire en décrue : en juin 83 en effet, cinq jours après l'éclosion larvaire qui a suivi la submersion du gîte, une nouvelle phase d'éclosion s'est produite alors que l'eau du gîte n'avait cessé de baisser pendant cette période. Outre une augmentation de la température de l'eau du gîte, la réduction notable de la superficie de celui-ci a eu pour effet un considérable accroissement de la densité larvaire (larves de la première phase d'éclosion). Simultanément, une pullulation de crustacés planctoniques était observée dans le gîte (Daphnies).

Il est probable que cette explosion d'organismes animaux dans une eau diminuant de volume ait eu pour effet une réduction du taux d'oxygène dissous telle, qu'elle a stimulé l'éclosion d'oeufs non encore éclos.

Ce type "d'éclosion différée" a été observé dans plusieurs gîtes, mais reste occasionnel.

La température est un autre facteur déterminant de l'éclosion des oeufs.

Les éclosions ont lieu à partir d'une température voisine de 10°C (HORSFALL, 1956 - RABOUD, 1980 - BECKER, 1981) MOHRIG (1965) indique une température minimale de 14 à 16°C en laboratoire.

En réalité, des oeufs exposés à une période chaude et sèche avant l'inondation peuvent répondre aux stimuli d'éclosion, même si la température de l'eau est inférieure à 10°C, (HORSFALL, 1956).

On constate dans la région que les inondations hivernales (janvier, février 1982, décembre 1982, février 1983) ne provoquent jamais d'éclosions larvaires d'*Aedes vexans*.

Les conditions de température ne sont réunies en fait qu'à partir du mois de mars au plus tôt.

En 1981 : une montée des eaux du Rhin du 10 au 14 mars a provoqué une éclosion. La température moyenne de l'eau était de 12,5°C pendant cette période. (On notera que cinq jours de gel ont suivi cette éclosion et éliminé une bonne partie des larves nouvellement écloses).

En 1982 : un pic de hautes eaux du Rhin le 10 avril n'a pas provoqué d'éclosion, la température moyenne de l'air pendant l'inondation n'ayant pas dépassé 6°C.

En 1983 : les hautes eaux du 8 au 10 avril ont permis une éclosion massive par une température moyenne de l'eau tout juste supérieure à 10°C.

2. Larves et nymphes.

2.1. Densité des larves et nymphes.

2.1.1. Matériel et méthodes

L'échantillonnage larvo-nymphal peut être réalisé par le biais de divers procédés. A l'aide d'un filet à plancton, d'une louche ou d'une simple cuvette, il s'agit de prélever les larves et nymphes afin d'évaluer leur densité.

Cette opération est très délicate et présente de nombreuses possibilités d'erreur.

Nous avons éliminé l'échantillonnage au filet à plancton : le "coup de filet" est tellement variable suivant la profondeur du gîte et la végétation présente, que ce prélèvement est plus qu'aléatoire.

Nous avons procédé au prélèvement d'un échantillon d'environ 1 litre d'eau dans une cuvette pouvant contenir 1,5 litres à ras bord.

Le facteur "dérangement" est important et nous avons effectué ces prélèvements en évitant au maximum de remuer l'eau au préalable, ce qui a pour effet de faire descendre larves et nymphes au fond du gîte.

Le gîte n'est pas toujours uniformément occupé et on constate souvent, même à l'œil nu, des concentrations importantes sur les bords des gîtes. Pour pallier à cela, cinq prélèvements ont été effectués par gîte et c'est la moyenne obtenue qui est prise en compte (les cinq prélèvements sont repartis sur toute la surface du gîte).

En réalité, quelle que soit la méthode, ce sont la profondeur et la superficie du gîte larvaire, et par conséquent le volume d'eau, qui déterminent la densité larvaire. Lorsque l'eau se retire dans une station (décrue), la concentration larvaire n'est pas nécessairement le reflet de la "productivité" du gîte.

Le recensement des populations larvo-nymphales reste donc très relatif.

2.1.2. Résultats et discussion :

Les chiffres cités par divers auteurs sont très variables et ceci est probablement lié aux conditions de prélèvement.

RABOUD (1979) a établi ainsi une échelle de densité de populations larvo-nymphales en unité larvaire par litre. Il considère ainsi que la densité est faible pour moins d'une larve par litre, moyenne pour 1 à 10 larves par litre, forte pour 11 à 100 larves par litre, très forte pour 101 à 500 larves par litre et massive pour plus de 501 larves par litre.

La plupart des gîtes à *Aedes vexans*, observés par cet auteur présentaient des densités moyennes de 10 à 40 larves par litre, avec quelques densités massives à plus de 500.

Dans notre région, BECKER (1980, 1981) cite des densités moyennes allant de 20 à plus de 200 larves par litre dans les gîtes larvaires. Lors de fortes concentrations, en particulier quand le niveau d'eau descend et que la superficie du gîte diminue, cet auteur évalue des densités larvaires par unité de surface à 10.000, 20.000 et même 50.000 larves par mètre carré !

Dans les gîtes favorables à *Aedes vexans* (et donc à *Aedes sticticus*) de la région de Lauterbourg, les densités larvaires pour des surfaces de gîtes correspondant à une inondation moyenne (5,60 m à 6,00 m à l'échelle de Lauterbourg) sont la plupart du temps comprises entre 100 et 200 larves par litre.

Lors du retrait des eaux, des densités de 1100 et même 1400 larves et nymphes par litre ont été observées.

Dans un de ces gîtes, les nymphes formaient, peu avant l'éclosion, une couche compacte de 2 à 3 cm à la surface de l'eau du gîte.

CALLOT (1950) indique que l'on peut dans certains gîtes ramasser les larves à pleine main. Il ajoute enfin que "certains bas-fonds de prairies où, à la suite du retrait des eaux d'irrigation, les larves sont rassemblées, peuvent contenir une véritable purée de celles-ci qui, si l'eau s'évapore ou est absorbée par le sol, finissent par mourir et entrent en putréfaction. Les cadavres sont alors la proie de différentes larves de mouches".

2.2. Durée du développement larvo-nymphal.

La durée de développement larvo-nymphal varie suivant la température de l'eau, qui elle-même est influencée par la température de l'air, l'exposition du gîte, la masse d'eau et la forme de végétation.

Les indications sur la température minimale à partir de laquelle se développent les larves sont très variables : 2°C pour BRUST (1967), 5°C pour TRPIS (1970), 7°C pour BUTTIKER (1948), MOHRIG (1965) indique un minimum de 16 - 17°C et un optimum de 28 - 30°C !

Pour la durée, RABOUD (1979) a observé des développements larvo-nymphaux d'*Aedes vexans* variant de 10 à 24 jours, CALLOT (1950) indiquant quant à lui 10 jours à 22°C au laboratoire, en estimant ce développement expérimental plus long que le naturel.

Pendant la période 81-83, nous avons observé des durées de développements préimaginaux allant de 11 à 35 jours.

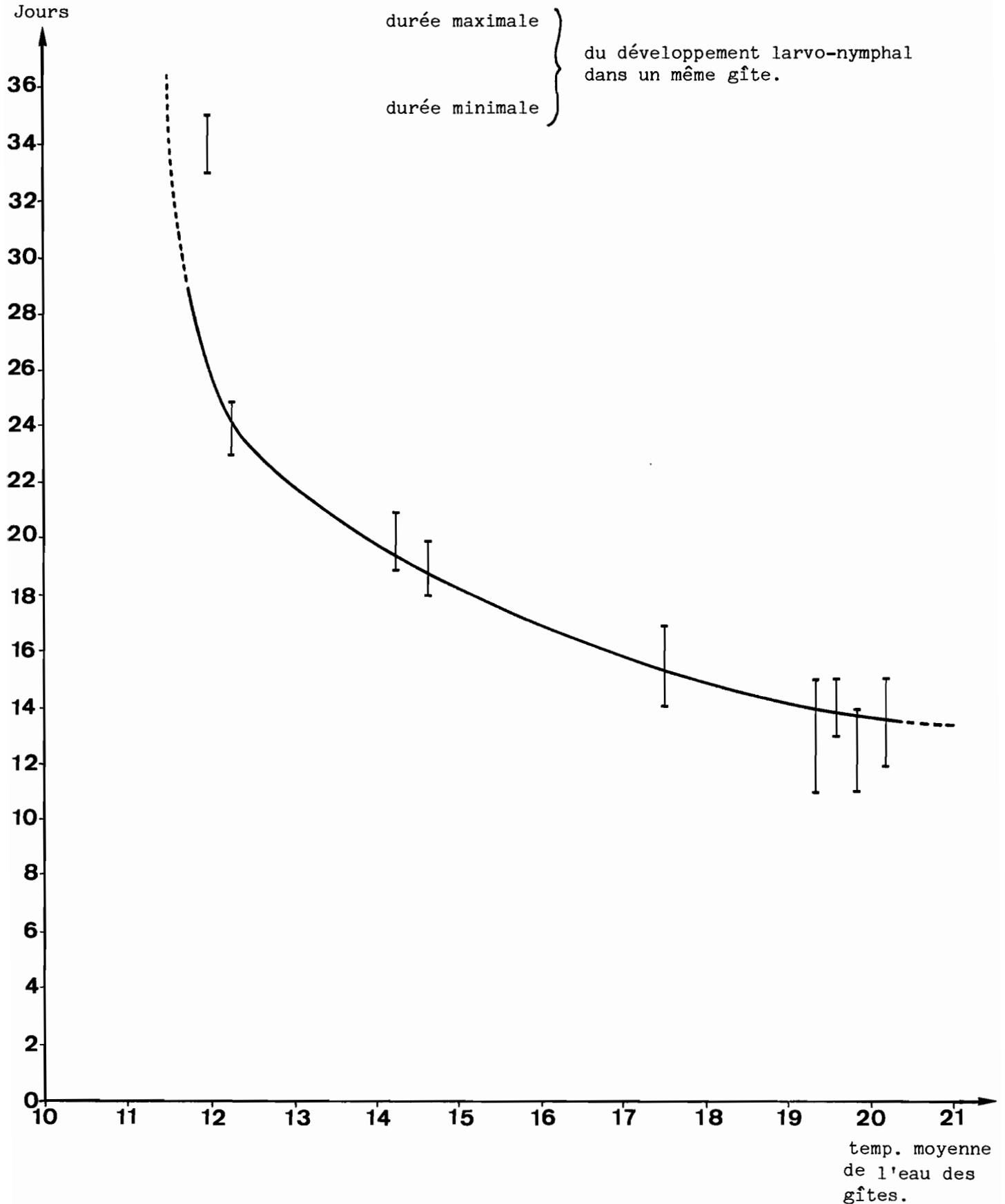
Nous avons mis ces durées en rapport avec la température moyenne de l'eau du gîte pendant le développement larvo-nymphal. (cf. fig. 12). La courbe semble indiquer une température minimale de 11°C pour permettre le développement larvaire.

CALLOT (1950) note que les larves sont relativement résistantes à la sécheresse : au troisième stade, elles peuvent rester 120 heures hors de l'eau, au quatrième stade 36 heures seulement.

2.3. Associations larvaires.

L'association la plus caractéristique se fait avec *Aedes sticticus* qui occupe apparemment les mêmes gîtes larvaires qu'*Aedes vexans*. En fait, peu de larves de cette espèce ont été déterminées dans la masse de celles d'*Aedes vexans* mais *Aedes sticticus* n'a jamais été trouvé ailleurs. L'association est fréquente encore avec *Aedes cinereus*. Elle est occasionnelle avec *Aedes punctator*, *Aedes cantans*, *Aedes annulipes*, *Aedes communis*, *Aedes rusticus*, plus rare encore avec *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens*, *Culex territans*.

Fig. 12 : DUREE DU DEVELOPPEMENT LARVO-NYMPHAL EN FONCTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE DE L'EAU DES GITES. (*Aedes vexans*)



III. LES GÎTES LARVAIRES - CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE.

Suite à RIOUX (1964) qui, reprenant la formule de FLAHAUT, affirmait que "la végétation est le miroir du milieu", nous avons commencé une étude de la végétation en tant qu'indicateur biotique permettant de dresser la carte écologique.

Cette carte se fonde sur la connaissance de la biologie des diverses espèces végétales, en suivant particulièrement l'élément moteur du développement des culicidés, à savoir la mise en eau des gîtes.

La carte écologique des gîtes larvaires consiste donc en l'établissement de corrélations entre les divers types de groupements végétaux et les espèces culicidiennes qui leur sont inféodées. Le végétal, en tant qu'intégrateur précis des facteurs du milieu (caractères pédologiques, conditions d'hydromorphie, caractéristiques physico-chimiques des eaux d'inondation etc...), traduit des conditions favorables ou défavorables à l'installation et au développement des larves de culicidés. (GABINAUD, 1975 - PAUTOU et coll., 1973).

1. La notion de niveau :

Divers auteurs ont montré que ni une cartographie purement physionomique, ni une analyse strictement phytosociologique ne permettait de caractériser les gîtes larvaires. Ainsi a été développée une méthode où l'analyse floristique est menée parallèlement à une analyse écologique faisant intervenir des critères faunistiques : ceci permet de distinguer des unités de végétation correspondant à des conditions écologiques homogènes.

Ces unités sont appelées niveaux : (PAUTOU, AIN, GILOT, COUSSERANS, GABINAUD, SIMONNEAU, 1973).

"Le niveau écologique est l'unité biologique élémentaire caractérisée par une composition floristique homogène révélatrice de conditions écologiques tant physico-chimiques que biotiques bien définies".

2. Les niveaux écologiques dans le secteur d'étude.

La description qui suit n'est qu'une première approche d'un travail qu'il serait très intéressant d'approfondir.

Par manque de temps en effet, nous n'avons pu mener à bien tous les travaux qu'aurait nécessité l'étude détaillée des niveaux écologiques : nous n'avons par exemple pas de données précises sur les sols du secteur d'étude et il conviendrait de multiplier le nombre de relevés phytosociologiques en divers points.

Nous avons toutefois relevé les espèces végétales dominantes ainsi que les principales espèces compagnes, voire différentielles ; nous avons étudié de près les caractéristiques physico-chimiques des eaux d'inondation et la dynamique de mise en eau des gîtes (cf. chapitre premier).

La connaissance détaillée de la faune culicidienne, mais aussi de la faune annexe a permis de distinguer les différents niveaux écologiques.

Enfin, on soulignera la similitude avec la région Rhône-Alpes et c'est à partir de la collaboration avec les chercheurs de cette région (PAUTOU, GRUFFAZ, GILOT...) que nous présentons ici les premiers résultats de cette étude de la cartographie écologique des gîtes larvaires de Culicidés.

LES NIVEAUX ECOLOGIQUES. (cf. carte, fig. 13)

2.1. Niveaux aquatiques :

* Niveau à *Nuphar luteum* : plan d'eau assez profond, sans courant (ou très peu). Les eaux sont mésotrophes à eutrophes avec une température estivale élevée.

Espèces caractéristiques : *Nuphar luteum*
Nymphaea alba (dans les plans d'eau où la variation du niveau d'eau est faible, ce qui est rarement réalisé dans le secteur d'étude)
Myriophyllum verticillatum

Appartenance phytosociologique : *Myriophyllo-Nupharetum*
 (Nupharetum)

Espèces culicidiennes : quelques larves d'*Anopheles maculipennis*

Situation dans le secteur d'étude : Vieille Lauter, bras morts du Rhin et bras latéraux de la Sauer.

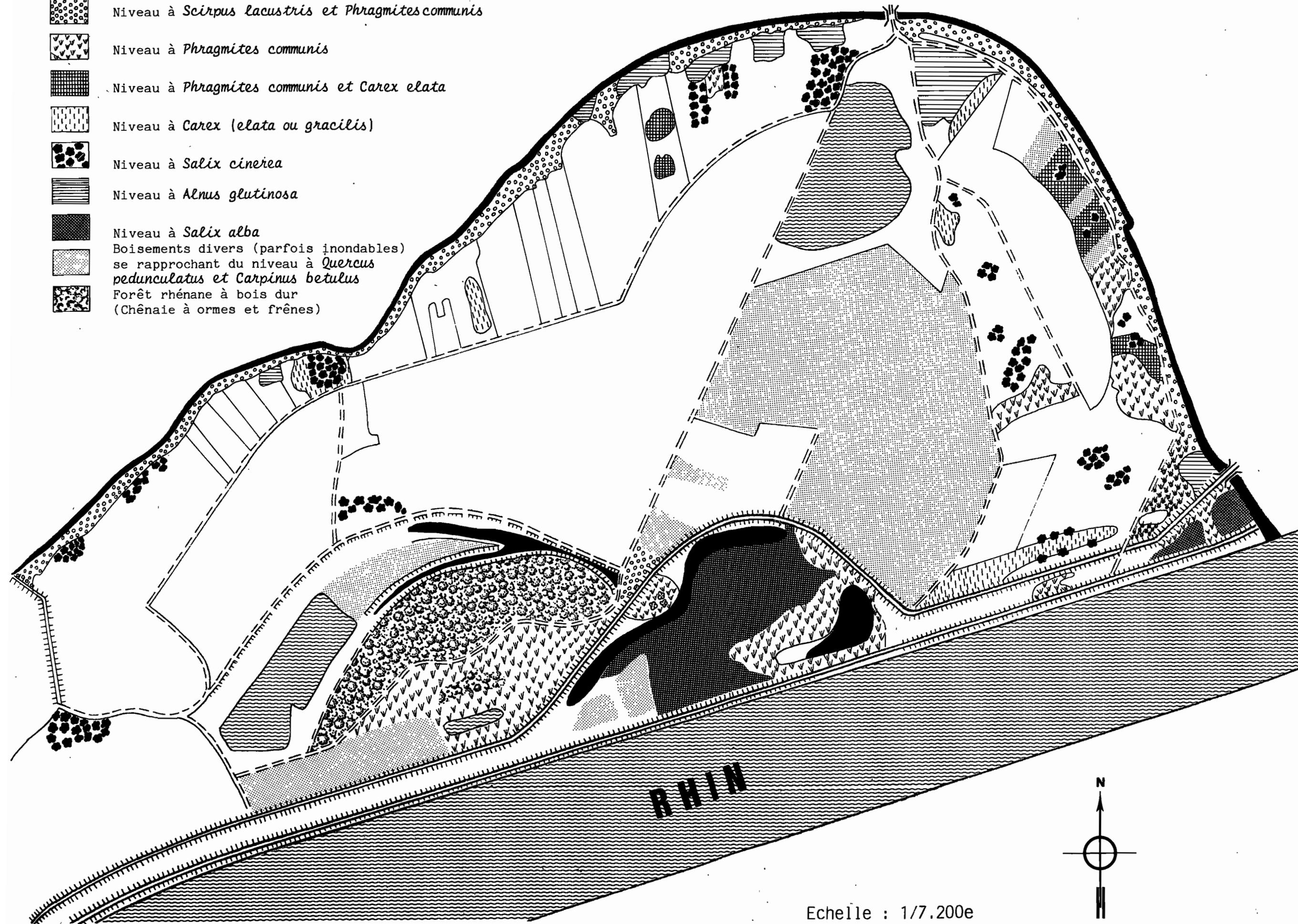
NOTA : - Dans le delta de la Sauer, l'eutrophisation des eaux permet le développement de deux associations qui sont comparables au point de vue niveau écologique au niveau à nénuphars : le Irapietum natantis caractérisé par la chataigne d'eau (Irapa natans) et le Nymphoïdetum caractérisé par une gentianacée à allure de nénuphar (Nymphoïdes pelata).

- A Lauterbourg, les eaux permanentes peu profondes dans les aulnaies à frênes, mésotrophes et fraîches, ressemblent au niveau écologique à nénuphars. L'espèce caractéristique est Hottonia palustris.

On trouve dans ce biotope les espèces culicidiennes à larves hivernantes (Aedes rusticus) et quelques Culex et Culiseta.

Fig. 13 : CARTE ECOLOGIQUE DES GITES LARVAIRES (Secteur compris entre la Vieille Lauter et le Rhin)

-  Niveau à *Nuphar luteum*
-  Niveau à *Scirpus lacustris* et *Phragmites communis*
-  Niveau à *Phragmites communis*
-  Niveau à *Phragmites communis* et *Carex elata*
-  Niveau à *Carex* (*elata* ou *gracilis*)
-  Niveau à *Salix cinerea*
-  Niveau à *Alnus glutinosa*
-  Niveau à *Salix alba*
-  Boisements divers (parfois inondables)
se rapprochant du niveau à *Quercus pedunculatus* et *Carpinus betulus*
-  Forêt rhénane à bois dur
(Chênaie à ormes et frênes)



Echelle : 1/7.200e

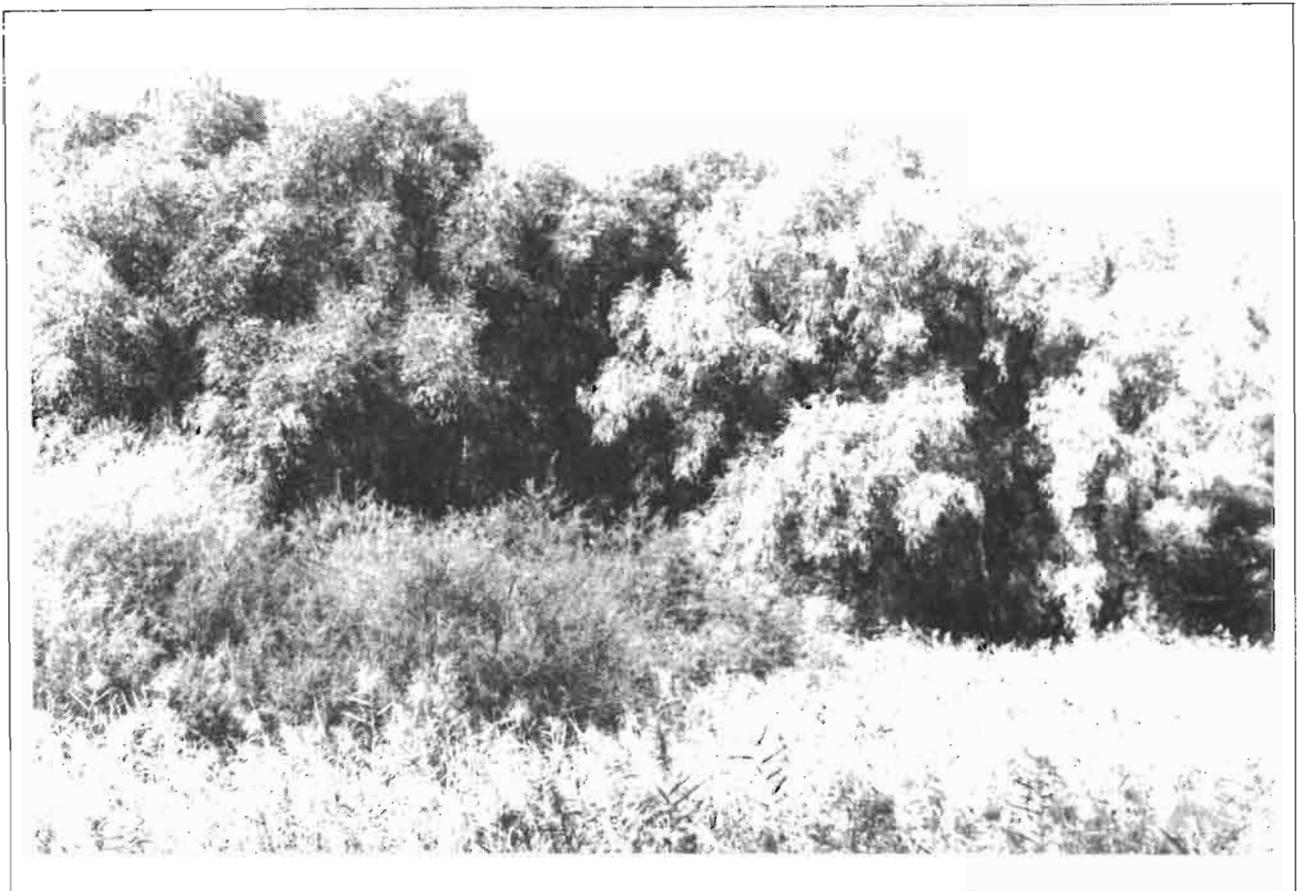


Fig. 14 : Niveau à *Phragmites communis* (roselière).
(On note la présence de *Salix viminalis* et au fond de la saussaie à *Salix alba*).

* Niveau à *Scirpus lacustris* et *Phragmites communis*.

Niveau relayant le précédent dans les zones où la hauteur d'eau n'excède pas 2 mètres. *Scirpus lacustris* et *Phragmites communis* caractérisent la "phragmitaie aquatique" et sont différentielles par rapport au niveau précédent.

Espèces compagnes : l'enrichissement des eaux (en sels minéraux et matières organiques en suspension) permet le développement de certaines espèces telles que *Typha latifolia* et *Typha angustifolia*, *Sparganium ramosum*, *Glyceria maxima*, *Iris pseudacorus* et *Butomus umbellatus*.

Appartenance phyto-sociologique : *Scirpetum lacustris* ou *Scirpeto-Phragmitetum*,

Espèces culicidiennes : *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens*, *Culex territans*, quelques *Culiseta annulata*.

2.2. Niveaux à inondations temporaires.

* Niveau à *Phragmites communis* : (roselière ou phragmitaie authentique) groupement souvent monospécifique localisé dans des zones dépressionnaires soumises à un assèchement superficiel de courte durée.

La densité des roseaux peut être très élevée (150 à 250 tiges au m²) (PAUTOU, 1972).

Espèces compagnes : *Lythrum salicaria*, *Lysimachia vulgaris*.

Espèces culicidiennes : *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens*, *Culex territans*, *Culiseta annulata* dans les points les plus bas.
Aedes rusticus.
Aedes vexans, *Aedes sticticus*, *Aedes cinereus* dans les zones à assèchement estival.

* Niveau à *Phragmites communis* et *Carex* (*Carex elata*)

Zones où l'immersion dure longtemps mais avec une période d'assèchement, généralement en été.

Espèces différentielles : *Senecio paludosus*, *Scutellaria galericulata*, *Lycopus europeus*.

Espèces compagnes : *Iris pseudacorus*, *Galium palustre*, *Lythrum salicaria*, *Lysimachia vulgaris*, *Euphorbia palustris*, *Polygonum lapathifolium*.

Appartenance phytosociologique : *Magnocaricetum*,

Espèces culicidiennes : *Aedes rusticus*, *Aedes cantans-annulipes*,
Aedes vexans, *Aedes sticticus*, *Aedes cinereus*.
 Quelques *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens*, *Culiseta annulata*.

La longue période de mise en eau permet le développement des espèces hivernales (*Aedes rusticus*) à côté des *Aedes* "fluviatiles" (PAUTOU et coll., 1972) et des espèces d'eaux permanentes (*Culex*, *Anopheles*, *Culiseta*).

* Niveau à *Carex* (*Carex elata* ou *Carex gracilis*)

Ce niveau correspond à des conditions d'hydromorphie comparables à celles du précédent niveau mais est caractérisé par l'absence de *Phragmites communis* et la présence de l'espèce différentielle *Valeriana officinalis*. Il peut s'agir de prairies de fauche.

Espèces compagnes: *Sanguisorba officinalis*, *Senecio paludosus*,
Mentha aquatica, *Lychnis flos-cuculi*.

Appartenance phytosociologique : il peut s'agir du *Caricetum elatae* mais aussi du *Caricetum gracilis* que nous avons observé dans la partie haute des aulnaies à frênes, autour des boqueteaux de saules cendrés.

Espèces culicidiennes : ce sont les mêmes que dans le niveau précédent mais la densité larvaire est beaucoup plus élevée, surtout pour *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*;

Ce niveau correspond à ce que l'on appelle couramment la "prairie à vexans". PAUTOU et coll. (1972) explique ceci par le recouvrement plus faible de la strate herbacée permettant le déplacement des larves. Nous avons observé en plus la prédilection des femelles pour les tourradons de *Carex* en ce qui concerne la ponte.

NOTA : Certaines zones où la couche superficielle d'argile repose sur des sables et graviers permettant la circulation d'une eau bien oxygénée sont favorables à l'espèce *Phalaris arundinacea*. La composition floristique est proche du groupement typique. On retrouve les espèces culicidiennes *Aedes vexans*, *Aedes sticticus* et *Aedes cinereus*.

* Niveau à *Ranunculus repens* et *Lysimachia nummularia*.

Nous avons observé ce niveau dans des zones de culture où les inondations printanières (mars, avril) ne permettent pas le labour et les semis. Ces surfaces dégagées sont colonisées par ces deux plantes largement dominantes.

Espèces compagnes : *Cardamine amara*, *Polygonum persicaria*.
 Dans les points bas, *Phragmites communis*
 gagne rapidement dès le mois de juin, si
 la terre n'est pas labourée entre temps.

Espèces culicidiennes : *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*.
Aedes cinereus et *Aedes cantans-annulipes*
 en densités plus faibles.

2.3. Niveaux forestiers :

* Niveau à *Salix cinerea* :

Taillis denses, impénétrables, formant les boqueteaux de saules cendrés.

Sol riche en éléments fins.

Submersion en hiver et au printemps.

Généralement pas de strate herbacée.

Espèces culicidiennes : *Aedes cantans-annulipes*, *Aedes cinereus*.
 Quelques *Aedes vexans* et *Aedes sticticus*.

* Niveau à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* :

Sol asphyxique. Les frênes ne se trouvent que dans les parties hautes. La nappe phréatique est en moyenne proche de la surface (le niveau baisse quelque peu à la fin de l'été).

Espèces compagnes : *Betulus pubescens*, *Lysimachia nummularia*,
Glyceria maxima, *Carex gracilis*. *Crataegus monogyna*,
Cornus sanguinea, *Solanum dulcamaria*.

Appartenance phytosociologique : *Alnetum glutinosae* (*fraxinetosum*).

Espèces culicidiennes : *Aedes rusticus*, *Aedes cantans-annulipes*,
Aedes communis, *Aedes punctor*.
Culiseta annulata.

* Niveau à *Quercus pedunculata* et *Carpinus betulus*.

C'est la chênaie-charmaie hygrophile dont seules les dépressions sont inondées de temps en temps, lors des remontées importantes de nappe phréatique.

Ces parties basses forment les "mares à feuilles", gîtes de prédilection de quelques espèces.

Espèces compagnes : *Acer campestre*, *Arum maculatum*, *Hedera helix*,
Paris quadrifolia, *Anemone nemorosa*, *Convallaria maialis*.

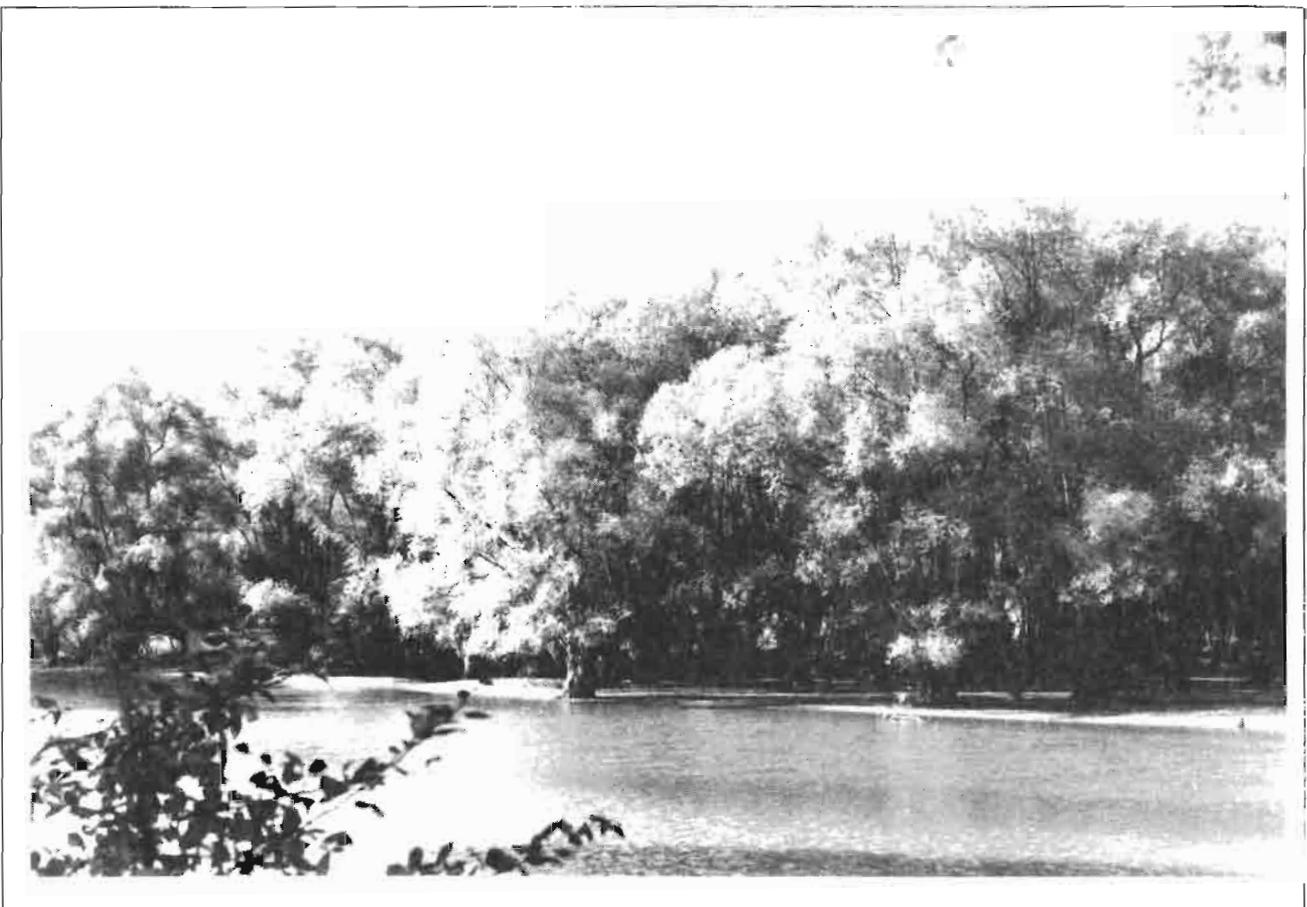


Fig. 15 : La saussaie inondable à *Salix alba* (ici à Munchhausen)

Appartenance phytosociologique : *Querceto-Carpinetum*.

Espèces culicidiennes : *Aedes rusticus*, *Aedes communis*,
Aedes punctator. *Aedes cantans-annulipes*.

* Niveau à *Salix alba*, *Impatiens glandulifera*

Forêt pionnière du "lit majeur" du Rhin, soumise aux contraintes d'inondation directe par les eaux du fleuve (en hiver, printemps et début d'été). C'est la grande saussaie (ou saulaie) rhénane.

Les gîtes à moustiques sont constitués par les dépressions dans lesquelles l'eau subsiste lors de la décrue. Ces dépressions sont le plus souvent dépourvues de végétation après les crues (à cause du fort courant et de l'alluvionnement). Dans les zones ouvertes où il n'y a pas de grands saules argentés, on observe des taillis de *Salix viminalis* qui caractérisent les cônes alluviaux des affluents du Rhin (Lauter, Seltzbach, Sauer).

Ces taillis sont entourés parfois de *Phragmites communis*.

Espèces compagnes : *Urtica dioica*, *Angelica silvestris*, *Solidago serotina*, *Rubus caesius*, *Evonymus europaeus*.
On trouve régulièrement *Populus nigra* sur les parties hautes.

Appartenance phytosociologique : *Salicetum albae (viminalis)*

Espèces culicidiennes : *Aedes vexans*, *Aedes sticticus* surtout.
Aedes cinereus, *Aedes cantans-annulipes*.
Anopheles maculipennis - *Culex pipiens*
en faible densité.

2.4. Niveaux artificiels.

* Fossés d'écoulement, de drainage sans végétation.

Immersion permanente ou au moins semi-permanente selon la profondeur. En sous-bois ou en milieu découvert.

Espèces culicidiennes : *Aedes rusticus*, *Aedes cantans-annulipes*,
Aedes punctator, *Aedes communis*, *Culex territans*, *Culex pipiens*, *Anopheles maculipennis*.

* Dépressions peu profondes sans végétation :
(ornières, creux dans les champs, nids de poules etc...)

Immersion de courte durée ne dépassant pas 15 jours.

Espèces culicidiennes : *Aedes vexans*, *Aedes sticticus*,
Culex pipiens.

Les niveaux écologiques de la zone rhénane sont récapitulés dans le Tableau 4.

ESPECES DOMINANTES	ESPECES COMPAGNES	TYPE DE GITE	DUREE DE SUBMERSION	ESPECES CULICIDIENNES	APPARTENANCE PHYTOSOCIOLOGIQUE
NIVEAUX AQUATIQUES					
Niveau à Nuphar luteum	Nymphaea alba Myriophyllum verticillatum	Plan d'eau, Etang Bras mort	Eaux permanentes (souvent plus de 2 m)	Anopheles maculipennis	Myriophyllo-Nupharetum
Niveau à Scirpus lacustris et Phragmites communis	Typha latifolia Typha angustifolia Sporogonium ramosum Glyceria maxima Iris pseudacorus Butomus ombellatus	Plan d'eau Etang Bras mort Fossé profond	Eaux permanentes	Anopheles maculipennis, Culex pipiens Culex territans (Culiseta annulata)	Scirpeto-Phragmitetum
NIVEAUX A INONDATIONS TEMPORAIRES					
Niveau à Phragmites communis	Lythrum salicaria Lysimachia vulgaris	Marais	Assèchement exceptionnel et de courte durée (15 jours maxi)	Anopheles maculipennis Culex pipiens Culex territans Culiseta annulata Aedes rusticus Aedes vexans Aedes sticticus Aedes cinereus	/
Niveau à Phragmites communis et Carex elata	Senecio paludosus Scutellaria galericulata, Lycopeus europeus Iris pseudacorus, Galium palustre, Lythrum salicaria, Lysimachia vulgaris, Euphorbia palustris, Polygonum lapathifolium	Marais	Assèchement régulier pendant la période estivale	Aedes rusticus, Aedes cantans-annulipes, Aedes vexans, Aedes sticticus, Aedes cinereus, (Anopheles maculipennis, Culex pipiens, Culiseta annulata)	Magnocaricetum
Niveau à Carex (Carex elata ou Carex gracilis)	Valeriana officinalis, Sanguisorba officinalis, Senecio paludosus, Mentha aquatica, Lychnis flos-cuuli	Marais	IDEM que niveau précédent	IDEM que niveau précédent, mais forte densité larvaire pour Aedes vexans, Aedes sticticus.	Caricetum elatae ou Caricetum gracilis.
Niveau à Ranunculus repens et Lysimachia nummularia	Cardamine amara, Polygonum persicaria (Phragmites communis)	Zones de culture inondables	Inondation temporaire (Printemps ou début d'été)	Aedes vexans, Aedes sticticus, (Aedes sinereus, Aedes cantans-annulipes)	
NIVEAUX FORESTIERS					
Niveau à Salix cinerea	/	Taillis, pas de strate herbacée (Marais)	Inondation temporaire (Nappe phréatique affleurante)	Aedes cantans-annulipes, Aedes cinereus, (Aedes vexans, Aedes sticticus)	/
Niveau à Alnus glutinosa et Fraxinus excelsior	Betulus pubescens, Lysimachia nummularia, Glyceria maxima, Carex gracilis. Crataegus monogyna Cornus sanguinea, Solanum dulcamaria	Mare à feuilles (parfois végétation herbacée)	Nappe phréatique proche de la surface. Assèchement estival.	Aedes rusticus, Aedes cantans-annulipes, Aedes communis, Aedes punctor Culiseta annulata	Alnetum glutinosae (fraxinetosum)
Niveau à Quercus pedunculata et Carpinus betulus	Acer campestre, Arum maculatum, Hedera helix, Paris quadrifolia, Anemone nemorosa, Convallaria maialis	Mare à feuilles	Immersion des bas fonds par remontée de nappe phréatique	Aedes rusticus, Aedes communis, Aedes punctor, Aedes cantans-annulipes	Querceto-Carpinetum (Hygrophile)

Niveau à Salix alba Impatiens glandulifera	Rutica dioica, Angelica silvestris Solidago serotina, Rubus caesius, Evonymus europaeus (Populus nigra) Salix viminalis, Phragmites communis	Dépressions dans lesquelles l'eau subsiste lors de la décrue.	Inondations de printemps et de début d'été (assez brèves)	Aedes vexans, Aedes sticticus, (Aedes cinereus, Aedes cantans- annulipes. Anopheles macu- lipennis, Culex pipiens)	Salicetum albae (viminalis)
=====					
NIVEAUX ARTIFICIELS					
Fossés d'écou- lement, de drainage.	Pas de végétation	Fossé	Immersion perma- nente ou au moins semi- permanente	Aedes rusticus, Aedes cantans- annulipes, Aedes punctator, Aedes communis, Culex pipiens, Anopheles maculipennis	
Dépressions peu profondes	sans végétation	Ornières, creux dans les champs, nids de poules,	Immersion de courte durée, ne dépassant pas 15 jours.	Aedes vexans, Aedes sticticus, Culex pipiens,	

Cette description de quelques niveaux écologiques observés dans le secteur de Lauterbourg et Munchhausen essentiellement n'est pas exhaustive et les recherches doivent être poursuivies et approfondies, ne serait-ce que dans le but de mieux connaître encore ces milieux d'une extraordinaire richesse. Ces travaux devraient pouvoir s'insérer dans les activités du programme interdisciplinaire de recherches et d'études sur la nappe phréatique en Alsace.

3. La mise en eau des gîtes potentiels - Prévisions.

PAUTOU et coll. (1972) ont vérifié que les niveaux de même type réagissent de façon synchrone et que leur mise en eau est pratiquement simultanée.

On peut donc, à tout moment, connaître et localiser les niveaux qui sont immergés et où se développent des espèces culicidiennes si l'époque et les conditions thermiques sont favorables.

Il est clair que les niveaux correspondant à une nappe profonde ne seront immergés que lorsque la crue du Rhin sera importante. Ces niveaux ne "fonctionneront" donc qu'exceptionnellement, lors des fortes crues.

En revanche, les niveaux à nappe affleurante seront inondés aux moindres variations du niveau d'eau du Rhin ou lors de phénomènes tels que des fortes pluies prolongées ou la fonte de la couverture neigeuse.

Il est possible de prévoir les mises en eau des divers niveaux à l'aide des informations concernant le débit et les hauteurs d'eau du Rhin et de ses affluents, la météorologie et l'état des couvertures neigeuses, l'état de charge de la nappe phréatique et des relations existant entre tous ces paramètres.

Sources de données.

Le laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques annexé à l'Ecole Fédérale de Zürich (Suisse) a mis au point une série de modèles destinés à prévoir les débits du Rhin à Rheinfelden, c'est-à-dire quasiment à son entrée en France.

* Pour la prévision à long terme, il s'agit de prendre en considération l'influence sur l'écoulement estival du Rhin de la répartition spatiale de l'équivalent en eau de la couche de neige hivernale, et l'influence exercée par les bassins d'accumulation sur l'écoulement.

On obtient des prévisions sur quatre mois indiquant les débits moyens qui ont 10, 50 ou 90 % de chances d'être dépassés.

* Pour la prévision à court terme, il s'agit d'une technique d'interpolation des précipitations horaires.

Le procédé d'interpolation est basé sur les précipitations horaires des rares stations équipées de pluviographes, ainsi que sur les précipitations semi-journalières ou journalières des autres stations pluviométriques ; ces informations permettent d'estimer le déroulement temporel des averses dans les différents bassins versants.

Les précipitations régionales ainsi déterminées ont été introduites dans les modèles relativement détaillés pour la prévision des débits des divers bassins versants et bassins intermédiaires. Leur ensemble constitue un modèle de système fluvial permettant la prévision des débits horaires du Rhin.

(Comme ce modèle ne tient pas encore compte de la fonte des neiges sur le Plateau suisse, sa validité est pour l'instant limitée à la période estivale).

Des prévisions détaillées sont élaborées lorsque la variation escomptée du débit est supérieure à 100 m³/s par jour. Le reste du temps, on se limite à une prévision sommaire, consistant en la diffusion d'un court message.

Ces prévisions sont précieuses car les variations du débit du Rhin conditionnent pour une grande partie les inondations.

Cependant, le grand nombre de facteurs à prendre en compte et la complexité du modèle font que ces prévisions ont leurs limites : paraphrasant J. JACKLI, un professeur du laboratoire de l'EPF de Zürich indiqua en conclusion d'un brillant exposé sur les prévisions de débit : "il est difficile de faire des prévisions, surtout si elles doivent concerner l'avenir"...

Cela dit, les données du laboratoire de l'EPF de Zürich sont collectées par la Division Technique Générale d'Electricité de France à Lyon qui répercute ces données pour le Rhin au Groupe Régional de Production Hydraulique Rhin basé à Mulhouse (Haut-Rhin).

De là, ces indications sont prises en compte par la Centrale Hydroélectrique de Kembs (Haut-Rhin) à partir de laquelle est déterminée la régulation des débits au niveau des différents biefs jusqu'à Iffezheim, dernier barrage sur le cours français du Rhin.

Le suivi quotidien des niveaux d'eau du Rhin est réalisé par le Centre d'Alerte Rhin et d'Information Nautique à Gamsheim, (CARING) dépendant du Service de la Navigation. Un répondeur automatique indique entre autre les niveaux d'eau du Rhin à Lauterbourg et le débit moyen à Gamsheim (barrage en aval de Strasbourg).

Grâce à diverses études menées en collaboration avec le Service de la Navigation de Strasbourg et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières d'Alsace, on connaît relativement bien le régime de la nappe phréatique en liaison avec les cours d'eau dans le secteur de Seltz - Lauterbourg. Un modèle a là aussi été élaboré. (Ces relations nappe-cours d'eau ont été évoquées dans le chapitre premier)..

En tenant compte des prévisions météorologiques données par la station météo d'Entzheim, on dispose de tous les éléments pour prévoir le mieux possible la mise en eau des différents niveaux.

Pour exemple, on peut indiquer que le Rhin déborde directement à Lauterbourg à partir de 5,40 - 5,50 mètres (à l'échelle de Lauterbourg) et que les premières remontées de nappe dans ce secteur sont observables lorsque ce niveau (au moins) se maintient plus de 24 heures.

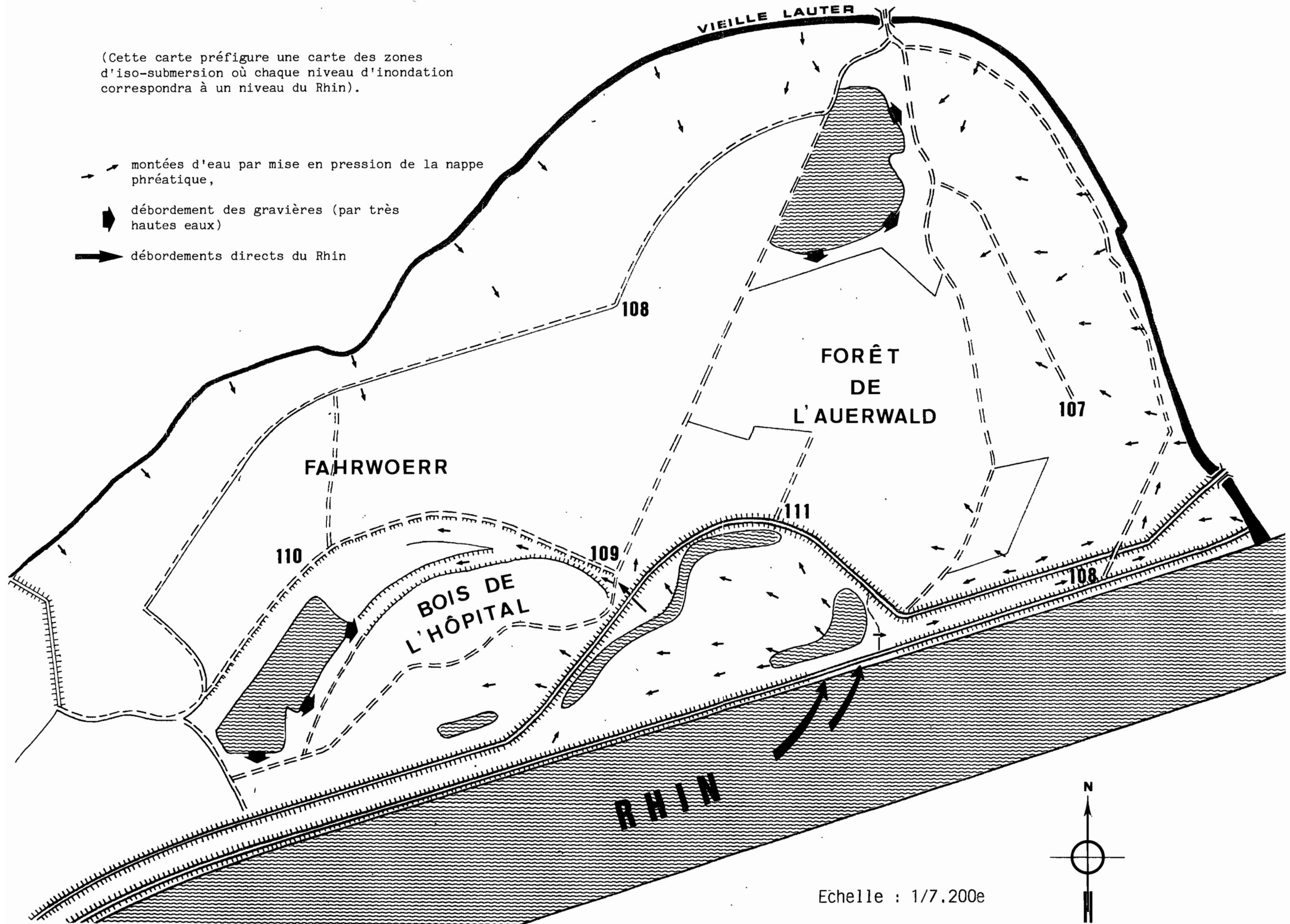
Ces prévisions et leur interprétation sont des éléments fondamentaux de la compréhension du fonctionnement des gîtes larvaires, entièrement conditionnés par les mises en eau. Ceci est particulièrement utile dans le cadre de la lutte anti-larvaire (Cf. dernier chapitre).

(Voir carte des mises en eau, fig. 16)

Fig. 16 : CARTE DES MISES EN EAU (Secteur compris entre la Vieille Lauter et le Rhin)

(Cette carte préfigure une carte des zones d'iso-submersion où chaque niveau d'inondation correspondra à un niveau du Rhin).

- ↘ montées d'eau par mise en pression de la nappe phréatique,
- ➡ débordement des gravières (par très hautes eaux)
- ➔ débordements directs du Rhin



IV. DYNAMIQUE DES POPULATIONS IMAGINALES.

1. Emergence des adultes.

La vie nymphale dure deux jours environ. La nymphe ne se nourrit pas. La nymphe des Culicinae est un stade très mobile : elle se déplace par saccades en ramenant les palettes natatoires qui sont situées à l'extrémité de l'abdomen vers le thorax. Dérangées, elles descendent vers le fond du gîte puis remontent vers la surface. Cette remontée est passive, la nymphe étant en état de surcompensation par rapport au milieu liquide.

Peu avant l'émergence, la nymphe s'immobilise à la surface de l'eau, avec l'abdomen étendu dans le prolongement du céphalothorax. La cuticule nymphale se rompt au niveau du thorax et l'imago s'extrait progressivement de l'exuvie nymphale.

Cette opération est délicate pour l'insecte et la moindre perturbation compromet la survie de l'imago : un courant d'air, un mouvement de l'eau, une pluie peuvent engendrer la destruction de plusieurs imagos lors de leur émergence.

2. Vol nuptial.

Ce sont les mâles qui éclosent les premiers, entre 24 et 48 heures avant les femelles. Ils se réfugient dans un premier temps dans la végétation environnante, pendant que s'opère la rotation hypopygiale.

On ne dispose pas de beaucoup d'observations du vol nuptial.

Il se produit en général en fin d'après-midi. L'espèce est en tous cas eurygame, la fécondation des femelles n'est jamais observée en espace restreint. PEUS (1975) décrit un vol nuptial situé à une hauteur comprise entre 1,5 et 2,25 mètres. L'essaim paraît immobile. Cet auteur indique que les individus sont tellement nombreux qu'ils forment quasiment un nuage dense comparé à un "baldaquin gris clair" !

PEUS évoque également le bourdonnement très puissant qui émane de cet essaim. Il a noté enfin que les vols nuptiaux d'*Aedes vexans* sont concomitants avec ceux d'*Aedes sticticus*, mais chaque vol n'est composé que des mâles d'une seule espèce.

Les femelles se dirigent vers l'essaim et s'accouplent chacune avec un mâle.

Nous avons observé les vols nuptiaux qui se déroulent toujours en milieux ouverts, rarement dans la forêt.

Les essaims d'*Aedes vexans* que nous avons observés étaient du type "essaims au sommet" comme les ont décrits NIELSEN et HAEGER (1960), c'est-à-dire se formant à la verticale d'un objet proéminent, et plus particulièrement le sommet des arbres ou des buissons.

Les observations de juillet 81 et août 82 nous ont permis de voir plusieurs dizaines de ces essaims répartis au sommet des peupliers bordant une route de la plaine et surtout au-dessus des boqueteaux de saules cendrés qui sont fréquents à proximité des gîtes larvaires.

Dans ces essaims, les changements de direction de vol sont quasi simultanés et la nuée semble "accrochée" à son support vertical, si bien que, quelqu'en était la forme générale, il restait un "point d'ancrage" sur le sommet de l'arbre ou du buisson.

Les vols nuptiaux se forment donc à des hauteurs très variables (jusqu'à plus de 20 m).

Il n'est évidemment pas facile de distinguer ce qui se déroule au milieu de cet essaim. Nous avons pu cependant observer à plusieurs reprises la formation d'un couple, apparaissant comme plus sombre dans la nuée. Ces couples quittent l'essaim et finissent très rapidement par se poser pour accomplir l'accouplement.

Nous n'avons pas réussi à déterminer ni quand, ni comment les femelles se joignent à l'essaim.

3. Déplacements des imagos.

L'observation des essaims est souvent rendue difficile par une grande agressivité des femelles qui semblent s'acquitter sans délai de leur indispensable repas de sang. Il est probable également que ce repas sanguin précède l'accouplement.

CALLOT (1950) indique que les *Aedes vexans* restent au voisinage des gîtes d'éclosion pendant quelques temps (48 heures environ) avant de se disperser.

Le grand pouvoir de dispersion de cette espèce fait l'unanimité des auteurs.

Les déplacements auraient lieu au coucher du soleil et se font en plusieurs étapes. CALLOT (1950) annonce qu'ils pourraient être de plusieurs dizaines de kilomètres. D'autres mesures, comme celles de CLARKE (1937) ont prouvé des déplacements de 40 kilomètres environ. MOHRIG (1965) a observé, par marquage, des déplacements de 48 kilomètres, et de 22,4 kilomètres en 24 heures. Selon cet auteur, l'essentiel des déplacements s'effectuerait de jour dans la végétation basse où des distances de 8 à 10 kilomètres seraient couvertes en 2 à 5 jours.

Nous avons vérifié que lors des grandes pullulations, on observe l'espèce à de très grandes distances des gîtes larvaires. CALLOT (1950) décrit qu'en 1948, après la crue du Rhin, *Aedes vexans* était non seulement plus que commun en plaine, mais jusque dans les Vosges, où les forêts en étaient infestées (Col de Saales, Mt Ste Odile....)

La direction et la force du vent influent de façon non négligeable sur ces déplacements. C'est ainsi qu'en 1983, une période de trois jours de vents de secteur sud-sud-est a "ramené" une forte population d'*Aedes vexans* d'Allemagne, où l'émergence des adultes avait eu lieu, vers la France (Lauterbourg) où des traitements anti-larvaires avaient été menés intensivement.

En outre, si les déplacements au sol d'*Aedes vexans* sont considérables, ses déplacements verticaux ne sont pas négligeables. C'est le moustique qui a été capturé en avion, vivant, à la plus grande altitude ; GLICK, grâce à un dispositif spécial, en a pris à 1500 mètres pendant la nuit (CALLOT, 1950 - MOHRIG, 1965).

CALLOT (1950) signale que, contrairement à la plupart des mâles des autres Culicinae, ceux d'*Aedes vexans* se déplacent volontiers et semblent suivre les femelles dans leurs voyages si bien qu'on peut en trouver à plusieurs kilomètres des gîtes d'éclosion (même au-dessus de la mer - MAC CREARY et STEARNS -)

4. Agressivité des femelles.

4.1. Attraction trophique :

La femelle d'*Aedes vexans* est agressive pour tous les vertébrés à sang chaud et pour l'homme en particulier qu'elle attaque vigoureusement dans tous les pays où l'espèce a été signalée.

La piqûre se fait aux parties découvertes et volontiers aux chevilles, surtout si elles sont couvertes d'une étoffe foncée ; les couleurs sombres attirant particulièrement les Culicinae. (CALLOT, 1950).

La quantité de sang ingérée a été mesurée, elle est de deux milligrammes par moustique et par repas complet. Les calculs et estimations de STAGE et YATES (1936) montrent qu'un cheval perd, du fait d'*Aedes vexans*, 24 centimètres cubes de sang par jour. Ils ont du reste remarqué que ce même animal peut être piqué en même temps par 500 à 700 moustiques sans paraître gêné.

La réaction à la piqûre est de type habituel et a été décrite dans le chapitre "rôle pathogène des moustiques d'Alsace".

4.2. Endophilie :

CALLOT (1950) indique que les adultes fuient la lumière trop vive et la sécheresse, c'est-à-dire qu'ils abondent dans les bois, les buissons et les haies vives.

En ville et dans les villages, ils se réfugient dans les jardins, sous les balcons ou les terrasses au ras du sol, dans les parcs et la verdure des squares où ils peuvent être nombreux.

MOHRIG (1965) indique l'endophilie régulière de ce moustique. CALLOT et VERMEIL (1948) ont constaté pendant les grandes chaleurs, des moustiques, mâles et femelles, au repos sur les plafonds et les murs, en état d'estivation.

Nous avons nous-mêmes constaté qu'*Aedes vexans* peut piquer dans les étages inférieurs des maisons, au crépuscule en particulier.

CALLOT souligne que ces individus ressortent immédiatement pour gagner des gîtes de repos, ce qui les oppose aux espèces "endophiles obligatoires" telles que *Anopheles maculipennis* et *Culex pipiens*.

Exceptionnellement, on observe *Aedes vexans* dans les étages supérieurs des maisons, mais ceci uniquement lors d'années à très fortes pullulations (1948).

L'endophilie, bien qu'occasionnelle, n'est donc en rien obligatoire et toute l'existence peut s'effectuer, (et s'effectue normalement pour la majorité des individus selon CALLOT) en dehors des habitations.

4.3. Cycle d'agressivité nycthémerale :

Les conditions de température, d'humidité relative, le vent et l'intensité lumineuse sont les principaux facteurs déterminant l'agressivité des femelles.

4.3.1. Matériel et méthodes

Les captures ont été réalisées sur appât humain, par exposition du mollet.

Trois captures en 24 heures ont été effectuées. Chacune d'elle a porté sur la période comprise entre le midi d'un jour et le midi du jour suivant.

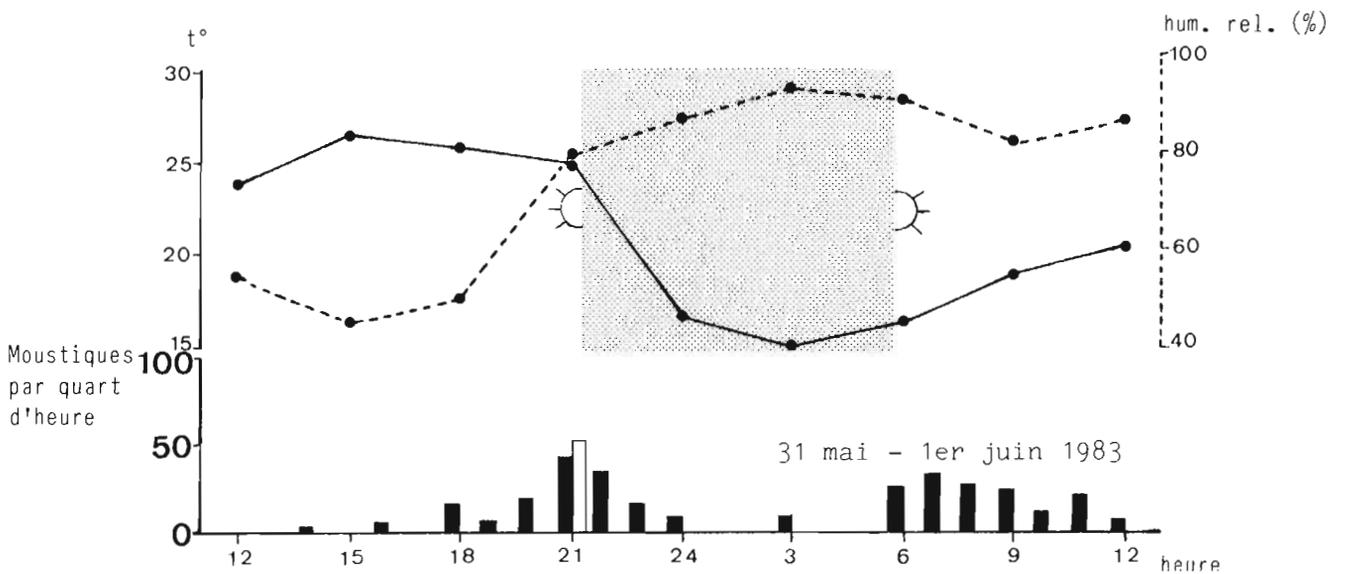
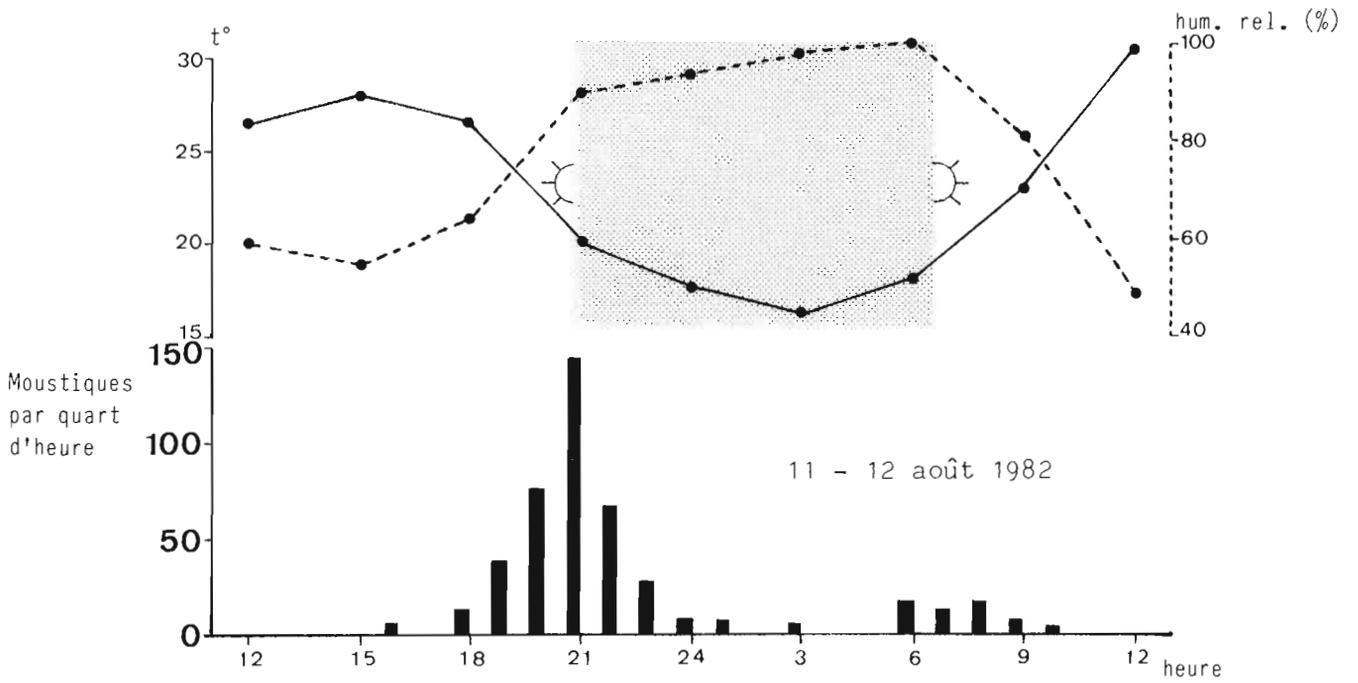
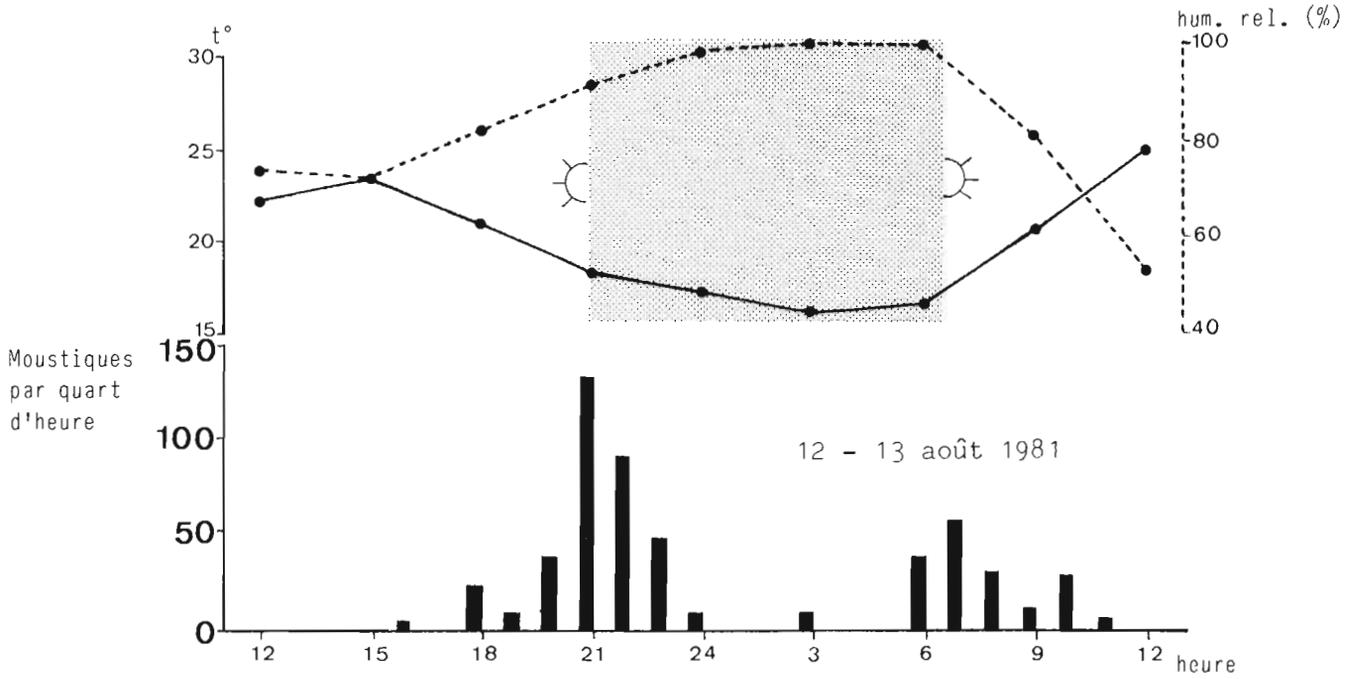
Des captures d'un quart d'heure chacune ont été réparties comme suit :

- de 12H00 à 24H00 : une capture d'un quart d'heure avant chaque heure pleine,
(ex : de 15H45 à 16H00, de 16H45 à 17H00)
- une capture d'un quart d'heure juste avant l'heure du coucher de soleil astronomique.
(ex : le 31 mai 83 : coucher de soleil à 21H21, capture de 21H06 à 21H21)
- de 24H00 à 5H00 : une capture à trois heures,
- de 5H00 à 12H00 : une capture d'un quart d'heure avant les heures pleines.

Température et humidité relative ont été mesurées tout au long du nycthémère.

Il n'a pas plu pendant ces trois captures, le vent était inférieur à 4 m/s dans tous les cas.

Fig. 17 : CYCLE D'AGRESSIVITE NYCTHEMERALE



4.3.2. Résultats et discussion.

L'activité piqueuse nycthémerale (fig. 17) présente une forte intensité à partir du crépuscule. Elle est pratiquement nulle dans l'après-midi.

Suite à WRIGHT et KNIGHT (1966), RABOUD (1979) a déterminé que le cycle d'agressivité nycthémerale est réglé par l'intensité lumineuse.

Ce fait est confirmé par le pic d'agressivité net du crépuscule, par l'agressivité toujours accentuée au lever du jour et par l'activité en milieu couvert (forêt, buisson) en pleine journée.

RABOUD a noté que lorsque le ciel est couvert, l'activité est plus précoce en soirée, et son maximum moins marqué.

Les températures trop basses (inférieures à 15°C) limitent considérablement l'activité. (la nuit par exemple).

L'humidité relative semble également influencer : on remarque par exemple l'agressivité très marquée le 01.06.83 dans la matinée, alors que le taux d'humidité relative se situe entre 80 et 90 %.

PLATT, LOVE et WILLIAMS (1958) ont établi une corrélation très étroite entre l'abondance et l'activité d'*Aedes vexans* et l'humidité relative.

Cette corrélation serait absolue pour des taux de 70 à 85 %, alors qu'au-delà de 90 %, le taux d'humidité relative ne semble plus influencer. Il est précisé en outre qu'un air humide à 85 % attire trois à cinq fois plus de moustiques qu'un air sec à 15 %.

NOTA : la valeur plus faible des captures effectuées les 31 mai et 1er juin 1983 est liée aux opérations de lutte contre les moustiques qui ont eu lieu dans le secteur peu avant cette capture. Elle n'a donc pas de valeur absolue mais permet tout de même de décrire le cycle d'agressivité nycthémerale.

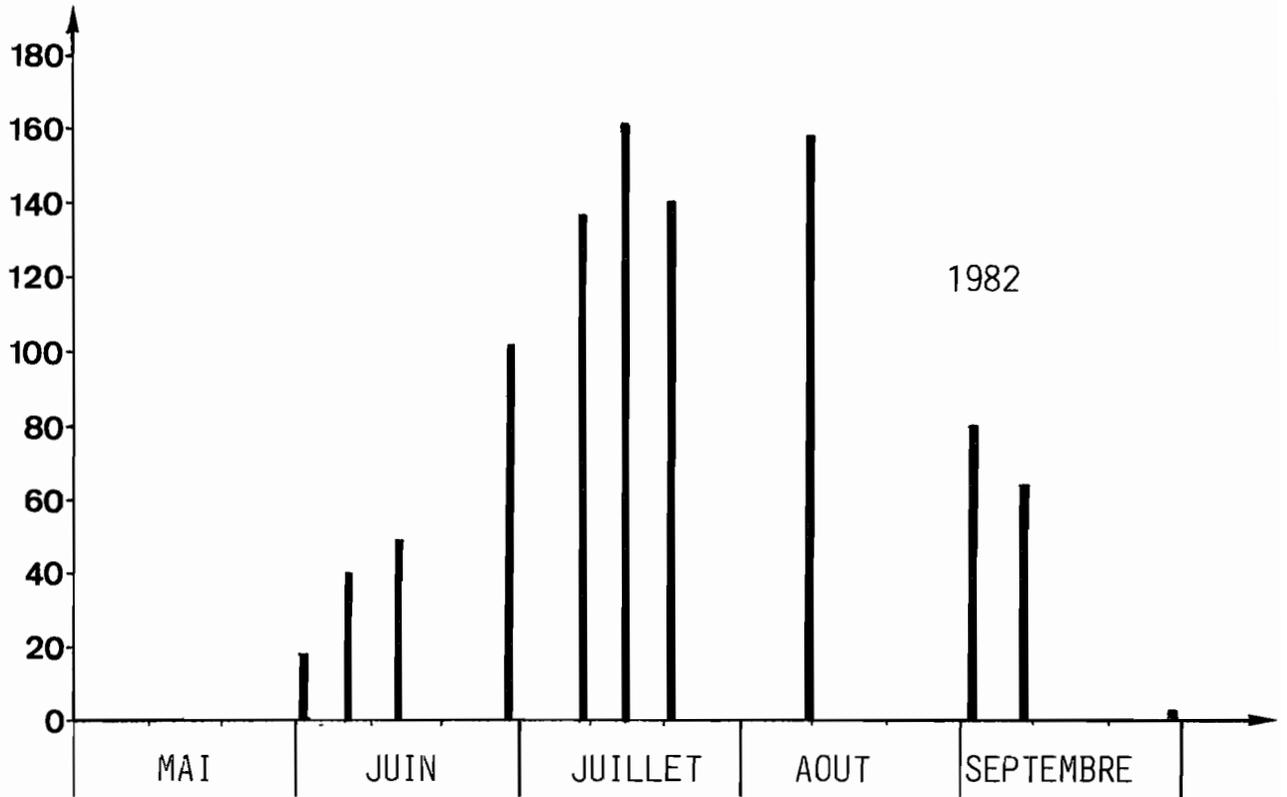
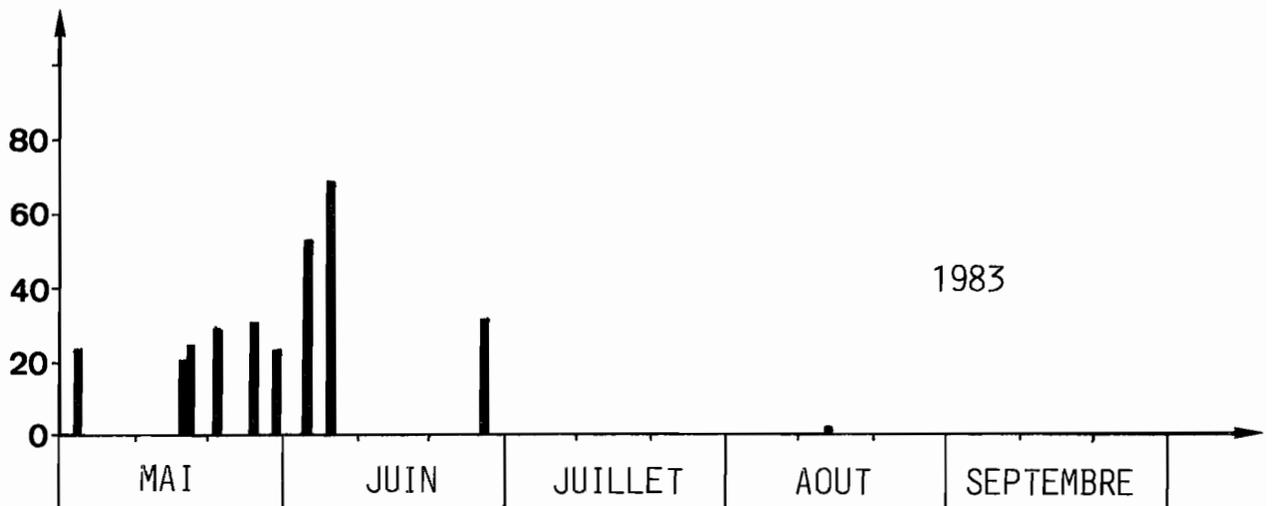
4.4. Cycle d'agressivité saisonnière.

4.4.1. Matériel et méthodes

Des captures "standard" (pendant le quart d'heure précédent l'heure du coucher de soleil astronomique) ont été effectuées à partir de l'émergence des premiers adultes jusqu'à la disparition des moustiques, à intervalle plus ou moins régulier, en 1982 et 1983.

Là encore, les résultats quantitatifs pour 1983 ne sont pas significatifs puisque les populations sont fortement réduites par les traitements anti-larvaires qui ont été appliqués dès les premières éclosions. On peut néanmoins observer l'évolution des populations actives au fil de la saison.

Fig. : 18 - CYCLE D'AGRESSIVITE SAISONNIERE

Moustiques
par quart
d'heureMoustiques
par quart
d'heure

4.4.2. Résultats et discussion. (fig. 18)

Il est très probable que les fluctuations saisonnières soient dues, en grande partie, à la température régnant pendant les captures. BUTTIKER (1948) estime que *Aedes vexans* vole à partir de 12°C et que l'activité imaginaire est normale pour une température de 19°C.

Nous n'avons retenu, pour l'étude du cycle saisonnier, que les captures effectuées par une température supérieure à 15°C. Nous avons également éliminé les captures perturbées par un quelconque événement météorologique (vent, pluie, orage...)

Toutefois, il est possible que les différences dans les captures reflètent des changements dans l'activité plutôt que des différences dans le nombre de moustiques présents. THOMPSON et DICKE (1965) ont indiqué que l'activité cyclique d'*Aedes vexans* dépendrait de la durée du cycle trophogonique. Il est donc probable que certains maxima dans l'activité saisonnière d'*Aedes vexans* ne soient pas sous la seule influence des facteurs météorologiques, mais coïncident avec un moment propice du cycle trophogonique (RABOUD, 1979).

Les cycles d'agressivité saisonnière permettent en tous cas de déterminer :

- le début de l'activité piqueuse (correspondant à l'émergence des premières femelles,)
- les phases d'éclosions qui sont marquées par des pics d'agressivité,
- la fin de l'activité dont on peut déduire la longévité maximale des femelles en connaissant la date de dernière émergence.

On notera ainsi que les premières femelles en quête d'un repas sanguin ont été capturées au début de juin en 1982, alors que la nuisance due aux moustiques était déjà sensible le 2 mai en 1983.

Ceci correspond évidemment aux éclosions larvaires qui ont eu lieu à partir de la mi-mai en 1982, alors que la crue du 10 avril 83 a déjà provoqué des éclosions. Cette date d'éclosion est relativement précoce pour *Aedes vexans*, les eaux n'ayant pas habituellement une température suffisante pour permettre une éclosion en avril

CALLOT (1954) rappelle toutefois une observation similaire dans la première quinzaine d'avril 1952 (dans des gîtes où l'eau atteignait 20°C).

On observe classiquement des femelles d'*Aedes vexans* jusqu'à la fin de septembre, voire jusqu'à la mi-octobre si les conditions climatiques d'arrière saison ne sont pas trop rudes.

En 1982, les dernières captures ont eu lieu le 30 septembre.

En 1983 par contre, l'été particulièrement sec et la dernière émergence située à la mi-juin ont probablement contribué à l'extinction précoce de la population imaginaire, c'est-à-dire vers la deuxième quinzaine d'août.

Pour ce qui est des variations au cours de la saison, on remarquera l'influence sur le nombre de moustiques capturés de la montée des eaux en fin juin et fin juillet 1982. (fig. 18)

En 1983 de même, les captures ont été comparables en mai jusqu'à un apport massif de femelles nouvellement écloses en juin après la crue du 26 mai 83. (fig. 18)

L'activité piqueuse moyenne d'*Aedes vexans* débutant vers la 3e décade de mai et durant jusqu'à la fin septembre correspond en général à celle observée dans d'autres régions : plaine du Danube (TRPIS, 1962), plaine du Rhône (OZENDA et PAUTOU, 1971), Haut-Rhône en Valais suisse (RABOUD, 1979).

La densité de femelles piqueuses à certaines périodes de l'année et en certains endroits permet de comprendre l'existence d'une nuisance dans ce secteur.

Le maximum de 162 moustiques au quart d'heure observé le 16 juillet 1982 en bordure de la ville de Lauterbourg (quartier Bel-Air) est remarquable... et difficile à supporter ! Nous avons effectué quelques jours après, une capture de 177 moustiques au quart d'heure près du camping de Seltz.

RABOUD (1979) a capturé jusqu'à 45 moustiques en 5 minutes en Valais suisse; Dans le Wisconsin (U.S.A.), THOMPSON et DICKE (1965) ont observé un maximum de 482 piqûres en 10 minutes, alors que la moitié des observations faites comprenaient 30 moustiques piqueurs en 10 minutes.

MOHRIG (1965) annonce des maxima de l'ordre de 350 moustiques de toutes espèces en 10 minutes.

(Toutefois, les méthodes d'évaluation de la nuisance par ces deux derniers auteurs n'ayant pas été précisées, nous ne pouvons les comparer aux nôtres).

HENCKEL (1936) avait fixé le seuil de tolérance pour les populations humaines à 1 piqûre en 5 minutes.

Nous avons observé dans la région de Lauterbourg que 20 piqûres au quart d'heure avant le coucher du soleil sont parfaitement supportées par les habitants (par exemple au feu d'artifice du 14 Juillet 1983).

Les espèces piqueuses capturées avec *Aedes vexans*.

L'espèce *Aedes vexans* est largement prédominante par rapport aux autres espèces.

En 1981, 67 % des femelles capturées appartenaient à l'espèce *Aedes vexans*. Ce pourcentage s'est élevé à 79 % en 1982 et à 70 % en 1983.

Les autres espèces capturées sur "appât humain" sont par ordre décroissant de fréquence : *Aedes sticticus*, *Aedes cinereus*, *Aedes cantans-annulipes*, *Aedes rusticus*, *Aedes geniculatus*.

Il faut préciser que les captures en forêt permettent de capturer en plus grandes proportions les espèces sylvatiques telles que *A. cantans-annulipes*, *A. rusticus* et même *A. geniculatus*.

Dans les villages ou à leurs abords, *Aedes vexans*, *Aedes cinereus* et *Aedes sticticus*, dominent largement, surtout pour la première de ces espèces, confirmant ainsi sa grande facilité de dispersion.

NOTA : A propos des captures effectuées en 1983.

Les captures effectuées en 1983 étaient constituées classiquement des trois espèces : *Aedes sticticus*, *Aedes vexans*, *Aedes cinereus*. (avec quelques *Aedes forestiers*).

Cependant, contrairement aux observations des années précédentes, où *Aedes vexans* dominait toujours en nombre, c'est *Aedes sticticus* qui a été proportionnellement plus abondant lors des premières captures en mai.

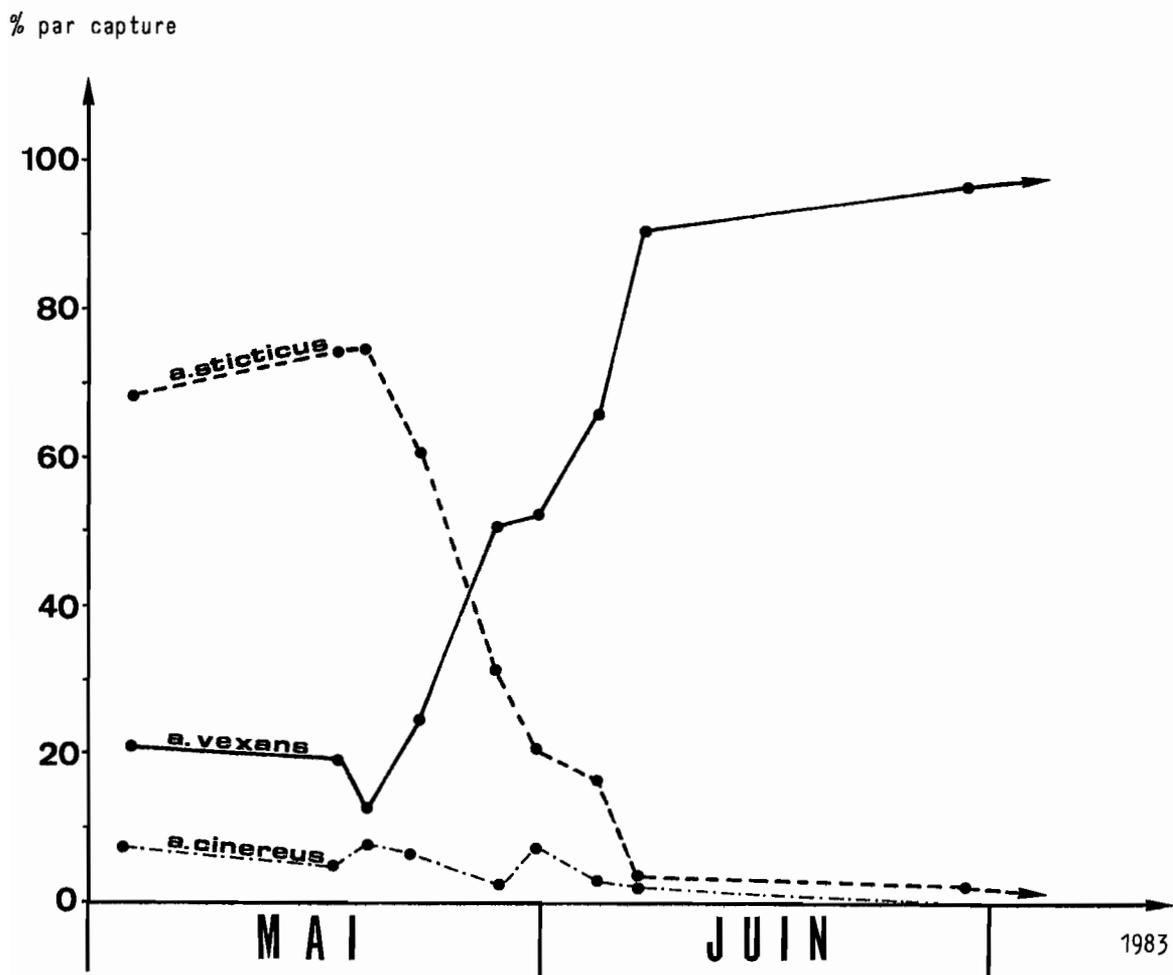
Les espèces se sont réparties dans les captures comme suit : (fig. 19)

- du début de mai (juste après la première émergence due aux crues d'avril) à la fin de ce mois, *Aedes sticticus* représentait en moyenne 70 % des femelles capturées, pour une moyenne de 20 % d'*Aedes vexans*.
- à partir du 25 mai environ, la tendance s'est très nettement inversée et l'on a observé une chute d'abord progressive du nombre d'*Aedes sticticus* (fin mai) puis une pullulation d'*Aedes vexans* passant de 20 % à 60 % puis à 97 % des femelles capturées le 27 juin 83.
- *Aedes cinereus* représentait en moyenne 6 à 7 % des captures pendant les deux mois.

Nous émettons trois hypothèses pour essayer une explication de ces faits :

* il est possible que l'inondation précoce de la première décade d'avril ait été plus favorable à l'éclosion d'*Aedes sticticus*. La température moyenne de l'eau des gîtes larvaires était à peine de 10°C, nous considérons, en accord avec divers auteurs, cette température comme un minimum pour *Aedes vexans* dans notre région.

Fig. 19 : ABONDANCE RELATIVE DES ESPECES A. VEXANS, A. STICTICUS
et A. CINEREUS DANS LES CAPTURES EN 1983.



* Il est possible en revanche qu'Aedes sticticus n'ait pas éclôt lors de la deuxième inondation en fin mai, alors qu'à ce moment, les larves d'Aedes vexans ont été observées en grandes quantités dans les gîtes. Ceci expliquerait que le nombre d'Aedes sticticus ait continué de diminuer même après la grande crue du 26 mai.

* enfin, il semble que la longévité d'Aedes sticticus soit plus courte que celle d'A. vexans ce qui expliquerait que la proportion de cette dernière espèce augmente déjà avant la deuxième phase d'émergence de début juin.

Nous avons tenu à noter ces quelques remarques afin de souligner le manque d'information sur la biologie comparée de deux espèces que l'on a l'habitude de considérer comme très proches quant à leur écologie et leur biologie.

Elles n'ont pour autre but en tous cas, que celui d'induire des observations plus approfondies sur ces deux espèces, dans notre région au moins.

5. Gîtes de repos des imagos.

Les remarques qui suivent n'ont pour base qu'une grande quantité d'observations des gîtes de repos. Aucune approche quantitative précise n'a en fait été effectuée mais les captures de moustiques dans la végétation (pratiquée entre autre pour trouver des individus mâles) permettent de repérer des gîtes de repos préférentiels.

Lorsque l'accouplement et le repas sanguin ont été accomplis, la femelle rejoint un gîte de repos où elle va séjourner pendant la période de maturation des oeufs.

On note que ces gîtes de repos, où l'on trouve également des mâles ainsi que des femelles non gorgées et non gravides (et donc prêtes à piquer parfois), sont assez caractérisés.

Nous avons évoqué précédemment que les femelles sont attirées par l'air humide (optimum entre 60 et 90 %) et fuient les fortes intensités lumineuses.

On retrouve ces caractères dans la recherche des gîtes de repos.

En effet, les formations herbacées ou buissonnantes en sous-bois sont véritablement envahies par les femelles d'Aedes vexans.

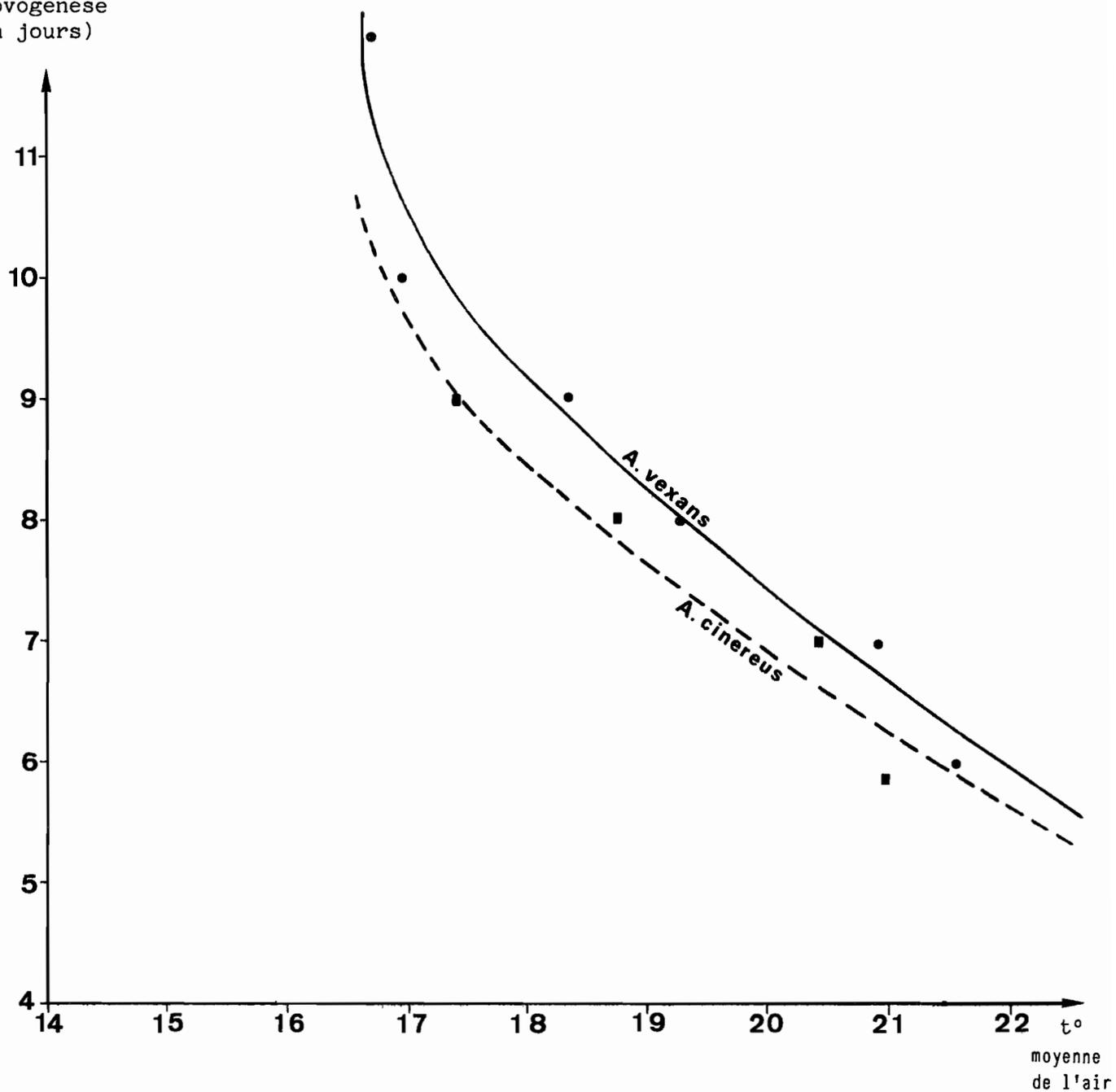
Les formations herbacées ouvertes ne sont jamais fréquentées.

Une des formations végétales les plus attractives est constituée par le tapis dense d'orties (Urtica dioïca) et de balsamine de l'Himalaya (Impatiens glandulifera) dans certaines parties de la saussaie entre la digue des hautes eaux et le Rhin.

Les ronciers (Rubus sp.) dans les aulnaies ou dans la forêt à bois dur, ainsi que les roselières (Phragmites) pour peu qu'elles soient couvertes sont abondamment occupés également. Enfin, les cariçaies en sous-bois d'aulnes sont des gîtes de repos.

Fig. 20 : DUREE MOYENNE DE L'OVOGENESE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE DE L'AIR POUR AEDES VEXANS ET AEDES CINEREUS.

Durée de
l'ovogénèse
(en jours)



Les imagos ne sont jamais au repos dans les arbres à plus de 3 mètres de hauteur.

On les observe encore dans les jardins, à proximité des maisons, et en particulier dans les haies comme par exemple les tuyas où les femelles trouvent probablement l'humidité requise.

Enfin, les habitants du secteur d'étude signalent unanimement le pouvoir attractif des plants de haricots verts (*Phaseolus sp.*) pour des femelles le plus souvent fort agressives lorsqu'elles viennent à y être dérangées.

6. Cycle trophogonique.

6.1. Matériel et méthodes

L'étude de l'ovogenèse a été réalisée sur des femelles gorgées lors de leur capture. Elles ont été conservées dans des tubes de verre (3 cm de diamètre sur 8 cm de haut) fermés à l'aide d'un morceau de bas de soie. Un papier filtre, posé sur un coton imbibé d'eau, tapissait le fond et une partie des parois du tube.

Les tubes ont été placés à l'abri sur le terrain pour rester dans des conditions subnaturelles (au moins pour les composantes climatiques).

L'expérience a été menée avec 205 femelles d'*Aedes vexans* (82 ont réussi à pondre) et 42 femelles d'*Aedes cinereus* (29 ont réussi à pondre). Les captures ont été faites les 3 et 28 août 1981, 21 juin et 11 août 1982 et 31 mai 1983.

Enfin, la plupart des femelles capturées gravides dans la végétation ont été disséquées afin de dénombrer leurs oeufs et donc leur fécondité (40 femelles ont été ainsi observées et disséquées).

6.2. Résultats et discussion

Le cycle trophogonique est constitué des phases suivantes :

- recherche d'un hôte,
- digestion du sang et ovogenèse,
- recherche d'un gîte de ponte et oviposition.

Nous avons pu déterminer la durée de l'ovogenèse après le repas sanguin. HAJKOVA (1966) avait déjà signalé que l'ovogenèse dépend de la température à laquelle les femelles digèrent le sang.

RABOUD (1979) a confirmé ces observations et nous-mêmes avons constaté une bonne corrélation entre la température moyenne de l'air et la durée de l'ovogenèse. (fig. 20)

Voici quelques chiffres avancés par différents auteurs :

- *Aedes vexans* : 9,5 jours à 18°C de moyenne (RABOUD, 1979)
6,3 jours à 20-24°C au laboratoire (RABOUD, 1979)
5 à 10 jours à 22°C (GJULLIN, 1950)
- *Aedes cinereus* : 7,7 jours à 20-24°C (RABOUD, 1979)
10 jours à 15°C
11 jours à 14°C.
14 jours à 12,5°C (RABOUD, 1979)

Nous avons remarqué en fait une certaine variabilité d'une femelle à l'autre, pour les mêmes conditions de température :

- *Aedes vexans* : de 5 à 8 jours à 22°C
de 6 à 10 jours à 18°C
de 6 à 10 jours à 20°C
- *Aedes cinereus* : de 6 à 9 jours à 18°C.

SERVICE (1968) et RABOUD (1979) indiquent que cette durée différente pourrait provenir de l'âge différent des femelles qui ont un cycle trophogonique propre et non forcément concordant.

Mais la durée du cycle trophogonique est plus longue que la durée de l'ovogenèse. L'opportunité pour les femelles d'*A. vexans* de trouver du sang peut être parfois plus longue que la digestion du repas de sang et la ponte. (HAJKOVA, 1966 - SERVICE, 1977)

Les auteurs indiquent donc que les femelles d'*A. vexans* pondent en moyenne 2 fois, 3 fois (HAJKOVA, 1966), voire 4 fois (GJULLIN, 1950) pendant leur vie.

On peut évaluer la durée du cycle trophogonique à environ 18 jours dans notre région. Ainsi, pour une longévité des femelles de l'ordre de 60 jours, on peut penser qu'elles pondent au maximum 3 fois pendant leur vie.

Fécondité :

Les pontes obtenues dans les tubes de verre étaient de

- * 94,00 \pm 6,65 oeufs (intervalle 65 - 110) pour *Aedes vexans*
- * 95,81 \pm 3,49 oeufs (intervalle 86 - 104) pour *Aedes cinereus*

Ces chiffres sont comparables à ceux de RABOUD (1979) obtenus dans les mêmes conditions expérimentales :

- * 93,67 \pm 7,52 oeufs (intervalle : 83 - 103) pour *Aedes vexans*
- * 94,83 \pm 20,15 oeufs (intervalle 73 - 125) pour *Aedes cinereus*.

En revanche, ces chiffres ne correspondent pas à la moyenne de 157,5 oeufs trouvés dans les femelles gravides d'*Aedes vexans* (intervalle : 77 - 230).

La différence est probablement due aux conditions subnaturelles dans lesquelles se sont déroulées les pontes et, d'autre part, aux oeufs retenus dans l'ovaire à cause de ces circonstances somme toute défavorables (THOMPSON et DICKE, 1965).

Le chiffre correspond en tous cas à celui de RABOUD (1979) : 161,25 oeufs, et de MOHRIG (1965) : 160 oeufs en moyenne.

Lors des dissections, nous avons à plusieurs reprises trouvé des femelles contenant 3,4 ou 5 oeufs bien développés seulement, il semblerait qu'il s'agisse de femelles n'ayant pu ni terminer, ni compléter leur repas sanguin : MOHRIG (1965) affirme que dans ce cas, les follicules commencent à se développer et s'arrêtent à un stade précoce ; seuls quelques uns arrivent à la maturation des oeufs.

7. Longévité des femelles.

En considérant les dernières émergences d'*Aedes vexans* et les dernières captures effectuées à la fin de l'été, on peut estimer la durée de vie maximale des femelles.

1982 : - dernière émergence vers le 6 - 7 août,

- dernière capture le 30 septembre

La longévité de ces femelles est donc de l'ordre de 55 jours.

1983 : - dernière émergence vers le 15 juin,

- dernière capture le 13 août.

La longévité est donc d'environ 58 jours.

Les auteurs annoncent jusqu'à 100 jours (GJULLIN, 1950), 77 à 90 jours (RABOUD, 1979) pour les femelles. Nos données correspondraient plutôt à celle de PEUS (1975) qui indique 4 à 6 semaines, voire 8 semaines de durée de vie pour les femelles d'*Aedes vexans*.

V. AGENTS PATHOGENES ET PREDATEURS.

1. Agents pathogènes

Divers agents pathogènes ont été observés dans la zone rhénane par BECKER et LUDWIG (1981).

- Deux espèces de virus, appartenant au groupe des iridovirus, ont été trouvées. Ce sont les larves de quatrième stade d'*Aedes vexans* qui sont essentiellement touchées. Occasionnellement, ces virus ont été retrouvés dans des larves de troisième et quatrième stade d'*Aedes cantans*.

Le taux d'infection ne dépasse jamais 1 %.

Nous avons nous-mêmes régulièrement récolté des larves colorées en bleu turquoise dans le secteur d'étude. La mise en évidence de l'infection de larves de *Culicoides* par des iridovirus près de Strasbourg (RIEB, 1982) nous permet de penser que ces virus sont présents dans les populations culicidiennes préimaginales de la plaine alsacienne du Rhin.

- Le champignon *Coelomomyces psorophorae* (Blastocladales) n'a été trouvé que dans des larves d'*Aedes vexans* et semble être spécifique dans la région (BECKER, 1981). Ce champignon empêche la nymphaison et les larves meurent généralement au quatrième stade.

Le taux d'infection observé est de l'ordre de 4 % en moyenne.

Il n'est possible d'infecter les larves au laboratoire qu'en présence de crustacés Copépodes qui semblent être des hôtes intermédiaires obligatoires pour ce champignon (WHISLER et coll., 1974 - BECKER, 1981)

- Enfin, plusieurs espèces de microsporidies ont été observées dans 8 espèces de moustiques de la vallée du Rhin.

Les larves d'*Aedes vexans* sont touchées par *Amblyospora sp.* et *Pilosorella sp.* pour des taux d'infection toujours inférieurs à 1 %.

- Diverses espèces d'ectoparasites ont aussi été observées : ainsi, les vorticelles (protozoaires ciliés) vivent accrochées au corps des larves et nymphes sans toutefois entraver le développement (nous l'avons observé aussi chez *Aedes rusticus*). Enfin, à l'instar d'*Aedes cinereus*, les femelles d'*Aedes vexans* transportent parfois *Trichodectes tibialis*, mallophage parasite des cervidés.

2. Prédateurs

Oeufs, larves, nymphes et adultes de moustiques sont la proie de divers prédateurs. Nous avons relevé dans le secteur d'étude les principales espèces.

2.1. Prédateurs des stades préimaginaux.

- Nous n'avons pas observé de prédation sur les oeufs mais CALLOT (1950) indique qu'ils sont recherchés par divers prédateurs, et plus particulièrement par des carabidés. Plusieurs espèces sont effectivement présentes dans le secteur.

- Larves et nymphes peuvent être la proie de divers insectes aquatiques et de poissons.

* Les coléoptères.

Carnassiers, polyphages, ils sont prédateurs des animaux aquatiques de divers groupes (y compris les vertébrés, poissons et batraciens).

Ils préfèrent les proies vivantes mais ne dédaignent pas les cadavres. RABOUD (1979) indique à ce sujet que les larves de moustiques, traitées par un quelconque larvicide, sont plus facilement capturées par les prédateurs, et qu'un tel traitement peut donc favoriser la population prédatrice, si cette dernière n'est pas elle-même négativement influencée par ledit traitement.

Les dysticidae sont parmi les plus actifs. De bonnes facultés de déplacement leur permettent de coloniser les gîtes temporaires et semi-permanents. Larves et imagos sont prédateurs.

Toutefois, il est intéressant de noter le décalage fréquent entre le développement des stades préimaginaux de moustiques et celui des larves de ces coléoptères. Ceci est d'ailleurs le cas pour d'autres insectes prédateurs. Ainsi, au moment des premières inondations, alors que les larves de moustiques se développent en une douzaine de jours, les larves de coléoptères, d'odonates ou autres sont encore à des stades jeunes dont la pression de prédation est faible. Lors des inondations d'été en revanche, ces larves prédatrices sont plus âgées et les adultes sont présents.

Les gyrinidae sont également de bons prédateurs de larves de moustiques.

Ils se nourrissent aussi de larves de chironomidés et de simuliidés.

Enfin, parmi les hydrophilidae dont les adultes sont plutôt végétariens, on trouve quelques larves carnassières. Le genre *Hydrophilus*, *Berosus* et *Hydrous* sont de ces prédateurs. Le genre *Hydrous* est connu pour sa préférence envers les larves d'*Anopheles*.

* Les larves d'odonates sont également carnassières.

La prédation sur les larves et nymphes de culicidés est importante car les larves d'odonates sont assez nombreuses dans certains gîtes.

* Les hémiptères aquatiques, larves et adultes, sont abondants dans les gîtes larvaires à moustiques. Ces insectes se déplacent facilement d'un gîte à l'autre pour trouver la nourriture. Parmi les plus voraces, on compte les Notonectidae, les Nepidae, Gerridae et Naucoridae.

* BECKER (1980) signale également la prédation exercée par quelques larves de trichoptères.

* Parmi les diptères, on peut signaler les larves carnassières de mouches du genre *Lispa* (Muscidae), ainsi que les larves de *Mochlonyx* sp. (Culicidae, Chaoborinae) dont BECKER (1980) affirme qu'elles peuvent réduire fortement les populations larvaires de moustiques dans certains gîtes.

* Les poissons enfin sont de bons prédateurs de larves et nymphes.

Ceci est évident dans les gîtes permanents (mares, bras morts, gravières...)

Dans les gîtes temporaires, le débordement de zones où vivent des poissons est un événement important à cet égard : la dispersion de ces poissons dans les zones inondées est souvent un facteur non négligeable de diminution des densités larvaires.

Pour preuve, nous rapportons cette observation de RIEB (comm. pers. 1983) : dans le cadre d'une étude sur le régime alimentaire de la truite, une pêche a été effectuée dans une zone inondée à proximité d'un ruisseau phréatique de la plaine d'Alsace (Trulligraben) le 26 mai 83.

Cette inondation a provoqué une éclosion larvaire d'*Aedes*.

L'une des truites (*Salmo fario*) disséquée, pesant 90 grammes et mesurant 19,5 centimètres, contenait dans son estomac 95 larves d'*Aedes*.

Parmi les espèces piscicoles présentes dans le secteur d'étude, la carpe et les jeunes carpes sont de bons prédateurs de larves de moustiques ; l'ablette en consomme elle aussi une quantité non négligeable. De même pour le rotengle, plus occasionnellement peut-être. Pour les autres espèces, la prédation de larves de diptères est plutôt accidentelle (comm. pers. BURKARD, 1983).

NOTA : On peut rappeler ici l'existence de poissons dits "larvivores", excellents prédateurs de larves de moustiques. Cette espèce, *Gambusia affinis*, a été introduite dans quelques gîtes larvaires avant et peu après la deuxième guerre. Ces tentatives ont toujours échoué : d'une part cette espèce ne paraît pas s'acclimater, en hiver surtout, et d'autre part les eaux temporaires sont impropres au développement des poissons.

Enfin, CALLOT (1950) rappelle que les *Gambusia* sont de redoutables prédateurs d'alevins. Il souligne en outre que "là où il peut y en avoir se développent déjà des espèces indigènes qui ne risquent pas de détruire l'équilibre biologique, ce qui est toujours à redouter avec des introductions intempestives".

2.2. Prédateurs des imagos.

Les principaux prédateurs de moustiques adultes sont les chiroptères. Il est difficile de quantifier la pression de prédation exercée par les chauve-souris mais il n'est que de voir l'activité de ces mammifères au crépuscule autour des gîtes de repos ou même dans les vols nuptiaux pour comprendre ce fait. HAINARD cite l'exemple d'un murin captif mangeant en une nuit 1000 diptères adultes et 1455 la nuit suivante....

Parmi les oiseaux, nombreux sont les insectivores nichant dans la région.

On cite classiquement les hirondelles et les martinets et on remarquera que la présence des hirondelles d'avril à septembre correspond exactement à la période de développement des moustiques et des autres diptères. Le rôle prédateur des fauvettes, rouges-queues et autres gobe-mouches est loin d'être négligeable.

Les libellules adultes sont de bons prédateurs en vol.

Certaines guêpes solitaires chassent également les diptères. BERTRAND (1954) signale que Crabro quadrimaculatus approvisionne le nid avec Culex et Anopheles.

Des diptères brachycères sont également prédateurs de nématocères.

Certaines toiles d'araignées piègent régulièrement des moustiques. RABOUD (1979) indique à ce sujet la famille des tetragnatidae.

Enfin, quelques insectes aquatiques profitent du moment de la ponte sur l'eau (Anopheles, Culex) et surtout de l'émergence pour capturer des imagos : Hydrometra, Microvelia et Gyrinus chassent ainsi en surface.

Des poissons tels que les ablettes "moucheronnent" aussi à la surface.

CHAPITRE QUATRIEME

LA LIMITATION DE LA NUISANCE
DUE AUX MOUSTIQUES



Fig. 21 : Le développement des zones de loisirs en plein-air, baignades, centre de voile, camping.. abaisse le seuil de tolérance à la nuisance due aux moustiques.

LA LIMITATION DE LA NUISANCE DUE AUX MOUSTIQUES

Les moustiques font partie du paysage rhénan depuis toujours, de nombreux documents en témoignent. Nous avons vu que le rôle pathogène des moustiques dans la région peut être considéré comme mineur et pendant longtemps, le problème posé par les Culicidés n'a pas inquiété l'opinion publique.

Mais l'élévation du niveau de vie et le développement d'une civilisation de loisirs ont amené les responsables de divers secteurs d'aménagement du milieu et les élus à s'intéresser aux moustiques. C'est ainsi que fut mise en avant la notion de nuisance.

La lutte contre les moustiques a donc régulièrement été mise à l'ordre du jour depuis le début de ce siècle en Alsace : toutes sortes d'opérations ont été menées, depuis l'épandage de pétrole sur les eaux stagnantes jusqu'aux "traitements d'hiver" dans les caves, en passant par le trop célèbre DDT et l'introduction manquée de poissons larvivores.... Ces campagnes présentent un caractère cyclique : régulièrement, on propose de lancer une opération de lutte contre les moustiques, les études préalables sont menées (plus ou moins bien), l'opération est engagée et s'évanouit quelques années plus tard avec les premiers résultats positifs quant à la nuisance....

Il n'y a guère qu'à Strasbourg qu'une lutte contre les moustiques, bien que parfaitement inefficace, ait présenté une remarquable continuité !

Le dernier projet en date a donc été proposé en 1980 et vient de rentrer dans sa phase opérationnelle en 1983.

Cette opération concerne à terme la frange rhénane nord du Bas-Rhin, entre Strasbourg et Lauterbourg. La phase expérimentale menée en 1983 dans le secteur de Seltz-Lauterbourg a été précédée de deux années d'études préliminaires qui ont permis de placer ces travaux sur des connaissances biologiques indispensables à leur bon déroulement.

Il doit rester évident dans tous les esprits que la limitation de la nuisance due aux moustiques ne présente aucune commune mesure avec une quelconque lutte antivectorielle.

La connaissance des espèces culicidiennes d'Alsace mais aussi du milieu naturel dans lequel elles se développent est un préalable à toute intervention.

Le présent travail doit être la preuve du double souci des responsables du projet et de la réalisation des opérations de limitation de la nuisance due aux moustiques dans le nord du Bas-Rhin :

- souci d'efficacité car les sommes consacrées à ces travaux sont importantes,
- souci de préservation de l'ensemble du milieu naturel environnant, et de la faune non-cible en particulier.

<p>"Moustiques domestiques" (<i>Culex pipiens</i> - <i>Culiseta annulata</i>)</p>	<p>"Moustiques du Rhin" (<i>Aedes vexans</i>, <i>Aedes sticticus</i>, <i>Aedes cinereus</i>, <i>Aedes rusticus</i>, <i>Aedes cantans</i>, <i>Aedes annulipes</i>, <i>Aedes communis</i>, <i>Aedes punctor</i>...)</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Endophilie très marquée - Activité nocturne - Gîtes larvaires domestiques : tonneaux d'eau de pluie, bassins d'ornement, fosse septique et autres collections d'eau - Développements larvaires ininterrompus d'avril à octobre - Adultes présents toute l'année, hibernant dans les caves et les étables, - Rayon "d'action" très limité (quelques centaines de mètres) 	<ul style="list-style-type: none"> - Endophilie facultative : ne pénètrent dans les maisons que lors de très grandes pullulations et ne restent pas dans les maisons. - Activité surtout crépusculaire. - Gîtes larvaires constitués par les zones inondables dans le milieu naturel (prairies ou sous-bois). - Développements larvaires limités aux périodes d'inondation (fin avril à début août au plus tard) - Adultes présents de mai à fin septembre au plus tard, - Grand pouvoir de dispersion (pour les espèces dominantes au moins).

I. LES BASES DE LA LUTTE : LA LUTTE ANTI-LARVAIRE

La destruction des imagos, action aveugle par excellence et s'exerçant sur des surfaces énormes, est absolument exclue. La principale espèce culicidienne concernée est *Aedes vexans* : ses facultés de dispersion sont telles qu'il faudrait envisager des traitements imagocides très étendus, avec tous les risques pour la faune non-cible.

La lutte contre les larves est beaucoup plus ponctuelle dans l'espace et dans le temps.

Deux groupes de moustiques engendrent des nuisances :

- le groupe des "moustiques domestiques" avec pour représentant *Culex pipiens*,
- le groupe des "moustiques du Rhin" avec pour espèce dominante *Aedes vexans*.

Le tableau ci-après présente les grands traits de la biologie comparée de ces deux groupes de moustiques. Les différences très marquées sont très importantes à souligner auprès des habitants concernés par une nuisance afin de déterminer d'emblée l'origine du problème et donc d'orienter les actions en conséquence. (Voir page 176)

La lutte contre les "moustiques domestiques" est donc l'affaire de chacun. Cette lutte est ainsi basée sur une information des personnes concernées qui prennent les éventuelles mesures : suppression des collections d'eau inutiles, surveillance d'éventuels développements larvaires...

En revanche, la lutte anti-larvaire contre les *Aedes* doit être menée avec précaution par un personnel formé à la connaissance de la biologie et de l'écologie de ces Culicidés, mais aussi à la connaissance du milieu environnant et des techniques d'application des produits larvicides.

1. Connaissance des Culicidés.

Outre la systématique des espèces, il est important de maîtriser la connaissance de leur biologie et des conditions d'éclosions et de développement larvaires.

Pour les *Aedes* en l'occurrence, c'est la dynamique de mise en eau des gîtes qui est le facteur déclenchant.

Nous ne reviendrons pas sur ces phénomènes décrits dans les précédents chapitres.

2. La végétation.

Nous avons souligné également l'intérêt de l'utilisation de la végétation comme indicateur du type de milieu. La cartographie écologique a permis l'établissement de corrélations entre les divers types de groupements végétaux et les espèces culicidiennes qui leurs sont inféodées.

3. La faune non-cible.

Parfois décrite sous la dénomination de "faune annexe", cette faune est peut-être primordiale : sa connaissance permet en effet de compléter l'étude des niveaux écologiques par la prise en compte d'espèces indicatrices vivant en association avec certains culicidés.

Elle doit enfin faire l'objet d'observations attentives lors des traitements et justifier pleinement ainsi le terme de "faune non-cible". (cf. chapitre premier, deuxième partie).

4. Les produits larvicides :

Une pléthore de produits anti-larvaires est aujourd'hui disponible sur le marché des insecticides, allant des classiques molécules chimiques (organochlorés, organophosphorés, carbamates....) aux insecticides biologiques (*Bacillus sphaericus*) en passant par les insecticides d'origine biologique tel que le *Bacillus thuringiensis* H 14 et les huiles larvicides de surface.

Nous n'entrerons pas dans le détail du choix de tel ou tel produit.

Après avoir écarté les produits à trop large spectre d'action (c'est le cas de bon nombre d'organochlorés) et les produits dont la formulation n'est pas encore au point (*Bacillus sphaericus*, inhibiteurs de croissance...), il reste des organophosphorés dont l'emploi est délicat car tout excès peut être néfaste à la faune non-cible et aux éventuels développements de résistance chez les moustiques, et les huiles larvicides qui sont loin d'être sélectives puisqu'elles condamnent la plupart des insectes aquatiques dont le mode de respiration est comparable à celui des larves (parmi eux, beaucoup de prédateurs de larves...)

Le Conseil Scientifique et Technique pour la limitation de la nuisance due aux moustiques dans le Bas-Rhin a donc approuvé en 1982 le choix du *BTH₁₄* (*Bacillus thuringiensis H₁₄*)

5. Le *Bacillus thuringiensis H₁₄* (variété *israelensis* - B.T.I-)

Bacillus thuringiensis est une bactérie sporulée, Gram positif, isolée pour la première fois par ISHIWATA en 1905.

Cette bactérie a été isolée en 1977 par GOLDBERG et MARGALIT à partir de larves mortes de moustiques, en Israël, et a été caractérisée par DE BARJAC (1978) comme appartenant au 14e sérotype de *B. thuringiensis*.

C'est un cristal protéique contenant une δ -endotoxine qui est toxique pour les larves. C'est la spore bactérienne et ce cristal protéique qui constituent le produit larvicide, présenté sous forme de poudre mouillable ou de solution concentrée.

Ce sont les enzymes du mésenteron de la larve qui décomposent le cristal en plusieurs sous-unités dont l'effet est une lyse des cellules épithéliales entraînant la mort des larves.

Le spectre d'activité connu du B.T.I. est limité à certains diptères : parmi eux sont donc touchés les Culicidae et les Simuliidae (les plus sensibles), à un degré moindre les Dixidae et Chironomidae.

Tous les autres tests d'innocuité à l'égard de la faune des insectes aquatiques non-cibles et des vertébrés, mammifères en particulier, se sont révélés positifs.

Les observations faites en 1983 :

Une opération-pilote de traitements anti-larvaires a été menée en 1983 dans le secteur de Seltz-Lauterbourg, Cette opération a été suivie très rigoureusement quant à l'efficacité du B.T.I. envers les larves de culicidés et aussi quant à son innocuité par rapport à la faune non-cible. Un bilan sera publié d'ici la fin de 1983. Nous pouvons néanmoins indiquer ici les premières conclusions.

Le produit utilisé était une formulation "poudre mouillable" de B.T.I. fabriqué par la firme BIOCHEM-SOLVAY sous le nom commercial de BACTIMOS. Ce produit présentait une toxicité évaluée à 6000 Unités Toxiques Internationales *Aedes aegypti* par milligramme.

L'épandage dans les gîtes larvaires s'est fait par deux procédés :

- un épandage, à l'aide de pompes à dos à pression entretenue, d'une solution de *B.T.I.* obtenue par mélange d'une dose de poudre mouillable et de 10 litres d'eau.
- un épandage aérien, par hélicoptère, de grains de sables enrobés de poudre de *B.T.I.*

Cette formulation a été utilisée pour la première fois en 1983. Du sable de quartz de granulométrie comprise entre 0,5 et 1,2 mm a été mélangé à une huile végétale qui servait d'agent collant pour fixer la poudre autour des grains de sable. A l'arrivée dans le gîte, le produit est aussitôt libéré.

Ce mode d'épandage permet entre autre de traiter à travers un couvert végétal assez dense.

Les résultats sont tout à fait positifs.

Dans les deux cas, la dose employée a été déterminée à 0,320 kg de poudre mouillable par hectare.

Des stations de contrôle mises en place dans diverses parties traitées ont permis de vérifier :

- * l'efficacité du traitement : à pied, c'est un minimum de 95 % de mortalité, par hélicoptère, on peut "louper" certains gîtes et appliquer dans ce cas une dose insuffisante qui réduit la mortalité à 50 - 70 %. Les gîtes correctement atteints par l'épandage aérien présentent le même taux que les gîtes traités à pied.

C'est l'habileté et l'habitude du pilote de l'hélicoptère qui sont à mettre en cause, et non la formulation du produit.

- * l'innocuité envers la faune non-cible : aucune mortalité suspecte n'a été observée, même sur les chironomidés qui sont souvent abondants dans les gîtes de culicidés.

Ce fait est dû probablement au suivi rigoureux de l'application des doses prescrites aux ouvriers-traiteurs.

Le *B.T.I.* constitue à l'heure actuelle le "moins mauvais" produit larvicide sur le marché.

NOTA : nous souhaitons souligner ici que le *B.I.I.* est régulièrement présenté comme un insecticide biologique.

La lutte biologique consiste à favoriser la destruction des culicidés par des prédateurs, à engendrer des maladies chez le moustique et éventuellement à modifier ou supprimer les gîtes larvaires.

Or, l'action du *B.I.I.* est due au cristal protéique associé à la spore de la bactérie; l'action larvicide est donc due à une substance chimique d'origine biologique puisque c'est une bactérie qui l'élabore.

En aucun cas la germination de cette spore ne saurait être mise en cause dans la mortalité larvaire ; la preuve est apportée par le fait qu'en Allemagne, des normes particulières à ce pays imposent que le produit (spores + cristal protéique) soit traité avec un rayonnement Gamma (Co 60) afin d'être "inactivé" : il demeure parfaitement efficace.

L'action du cristal protéique de B.T.I. est donc parfaitement comparable à celle que pourrait avoir une quelconque molécule chimique de synthèse.

Il nous paraît de ce fait abusif et regrettable de parler de "lutte biologique" à propos du B.T.I. Il nous paraît préférable de préciser que le B.T.I. est un insecticide d'origine biologique, afin de garder au terme "lutte biologique" toute sa valeur.

6. Les autres possibilités de lutte contre les moustiques.

Parmi les autres possibilités, nous évoquerons encore la lutte génétique, la lutte microbiologique et les aménagements de milieu.

6.1. La lutte génétique :

D'après PAL (1974), on peut inclure dans la lutte génétique toutes les conditions ou traitements pouvant réduire le potentiel reproducteur des formes "nuisibles" en altérant ou en remplaçant le matériel héréditaire.

Plusieurs techniques ont été expérimentées : lâcher de mâles stériles, incompatibilité cytoplasmique, stérilité d'hybride, translocation, induction meiotique, facteurs létaux facultatifs....

En fait, cette lutte génétique demeure du domaine expérimental, même si l'on se réfère à quelques opérations grandeur nature hors du laboratoire. Elle se heurte encore à de grosses difficultés dont la moindre n'est certainement pas la nécessité de produire de grandes masses d'animaux modifiés génétiquement.

6.2. La lutte microbiologique :

Il s'agit principalement du *Bacillus sphaericus* dont quelques premiers résultats affirment l'avenir de cette bactérie en matière de lutte anti-larvaire.

Le problème de la formulation est à l'étude et ce produit pourrait s'avérer très utile envers des genres tels que *Culex* (en eaux polluées particulièrement).

6.3. La lutte physique par aménagements du milieu.

Elle comprend toutes les actions tendant, d'une part à réduire les sources de culicidés, d'autre part à se protéger contre la nuisance imaginaire.

La philosophie de ce genre d'interventions n'est pas évidente. En effet, autant il est clair qu'on ne saurait détruire un milieu naturel par des curages, faucardages ou drainages intempestifs, autant on conçoit qu'il est souhaitable d'intervenir pour éviter la création de gîtes larvaires par négligence lors de travaux tels que la construction de routes ou l'entretien des réseaux d'assainissement.

La suppression des gîtes larvaires à *Culex* constitués par des vieux pneus et des boîtes de conserves va de soi. Mais comment réagir face au problème posé par l'aménagement du Rhin dont l'un des effets est localement un affleurement intempestif de la nappe phréatique ?

La remise en mouvement des bras morts du Rhin est régulièrement proposée : elle n'en demeure pas moins difficile à réaliser.

Quoiqu'il en soit, toute intervention susceptible d'influer sur le développement de *Culicinae* doit pouvoir prendre en compte ce problème : c'est le cas par exemple des aménagements prévus dans le delta de la Sauer par la mise en place de digues-tiroirs et de barrages à hausses destinés à protéger cette zone contre les crues.

II. MISE EN OEUVRE DE LA LUTTE ANTI-LARVAIRE (*Aedes*)

C'est à partir de la carte écologique et surtout de la carte d'iso-submersion que peuvent être déclenchées les opérations, en trois phases distinctes :

- * Prévision : on peut essayer de prévoir la mise en eau des gîtes, à plus ou moins long terme; Une surveillance des diverses données, et tout particulièrement du débit et de la hauteur d'eau du Rhin, est indispensable à cet effet. (cf. chapitre troisième)
- * Constatations des mises en eau : il faut inévitablement passer par ce stade d'observation directe sur le terrain pour constater l'étendue du problème. Le but est de délimiter avec précision la zone au sein de laquelle le développement larvaire se déroule et de déterminer le moment d'intervention.

Il faut savoir que la mise en eau est une condition nécessaire, mais pas suffisante à l'éclosion des oeufs d'*Aedes*.

La prospection des surfaces est donc indispensable.

- * Traitements des gîtes larvaires :

Les observations de terrain confrontées aux cartes écologiques et d'iso-submersion permettent de juger de l'opportunité des traitements en fonction de la persistance éventuelle du gîte et de la faune prédatrice présente, et de déterminer les secteurs prioritaires où l'intervention est alors immédiate.

Toutes ces opérations doivent obligatoirement faire l'objet d'un suivi rigoureux tant sur le plan de la formation des personnels temporaires que sur celui de l'application des produits.

La lutte contre les moustiques en Alsace est et restera un problème de commodité et d'amélioration du confort. On tâchera donc de disposer toujours des moyens les plus sélectifs pour maintenir, en des points précis, les populations de moustiques à un niveau tel que les nuisances soient acceptables pour les habitants.

CONCLUSION et PERSPECTIVES

Cet essai synthétique sur les Culicinae d'Alsace, ne saurait être un aboutissement. Fruit des travaux antérieurs menés principalement depuis le début de ce siècle et des observations récentes réalisées ces trois dernières années, il pourrait être le point de départ de nouvelles recherches.

En outre, au moment où l'opération expérimentale de limitation de la nuisance due aux moustiques semble avoir séduit les habitants et leurs élus et où l'on s'apprête à étendre la zone d'action, il apparaît d'autant plus indispensable de maintenir un suivi scientifique rigoureux et de parfaire encore la connaissance des Culicinae de notre région.

Les perspectives de recherches ne manquent pas :

* une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques, liés au régime du Rhin, des rivières et de la nappe phréatique devrait permettre de cerner avec précision l'étendue des zones inondables et les périodes de submersion pour les différents gîtes potentiels.

Ce travail, dont le suivi passe par la mise en place d'un réseau piézométrique, prendra en compte les évolutions possibles des infrastructures destinées à la protection contre les crues ou à la canalisation définitive du fleuve Rhin.

Enfin, l'étude approfondie de la végétation, comme intégrateur précis des composantes du milieu et de la phytosociologie en particulier, permettra la mise au point d'une cartographie écologique détaillée, outil précieux pour l'écologiste, bien au-delà de l'étude des Culicinae.

* la mise en place d'un réseau étroit de surveillance des paramètres météorologiques, hydrologiques et écologiques (cartographie écologique), pourquoi pas informatisé, devrait permettre de comprendre mieux et de prévoir les développements culicidiens et le déroulement de leurs cycles biologiques.

* le statut de plusieurs espèces signalées en Alsace ou dans la partie allemande de la plaine du Rhin mériterait d'être précisé.

Une recherche plus systématique des espèces rares permettrait probablement de préciser leur répartition et apporterait quelques éléments à la connaissance de leurs biologie et écologie, souvent méconnues.

Un patient travail de systématique pourrait apporter des données complémentaires sur des espèces souvent indiscernables, et les complexes d'espèces.

Même pour les espèces soi-disant mieux connues subsistent de nombreuses questions qui ne demandent qu'à être étudiées : la ponte, les essais nuptiaux et l'impact des prédateurs sont, parmi d'autres, des points de biologie, d'éthologie ou d'écologie des moustiques qui gardent encore quelques secrets

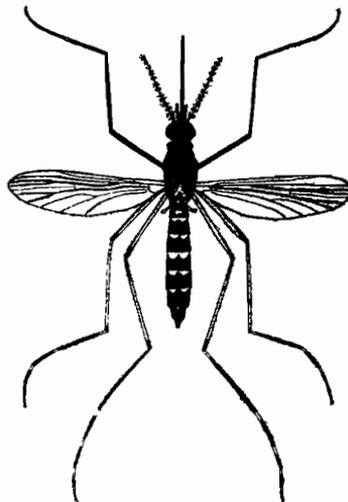
* on cherchera finalement à comprendre comment les moustiques se partagent le milieu naturel environnant, dans l'espace et dans le temps, et quelle niche écologique est occupée par chacune des espèces culicidiennes dans l'écosystème.

* enfin, dans le cadre de l'utilisation de produits larvicides, l'expérience a montré la grande vigilance qui s'impose lors de l'épandage de ces substances dans le milieu naturel. Les travaux doivent surveiller sans relâche l'efficacité des produits sur les larves de Culicinae, mais aussi maîtriser sans faille l'innocuité sur la faune non-cible.

Les résultats de telles recherches additionnées aux connaissances déjà acquises participeraient de la compréhension d'un des plus riches écosystèmes d'Europe que constituent les milieux naturels rhénans, comparables seulement aux grands complexes fluviaux du Danube, du Rhône...

Nous désirons vivement poursuivre et approfondir dans cette voie.

Nous espérons en trouver les moyens.

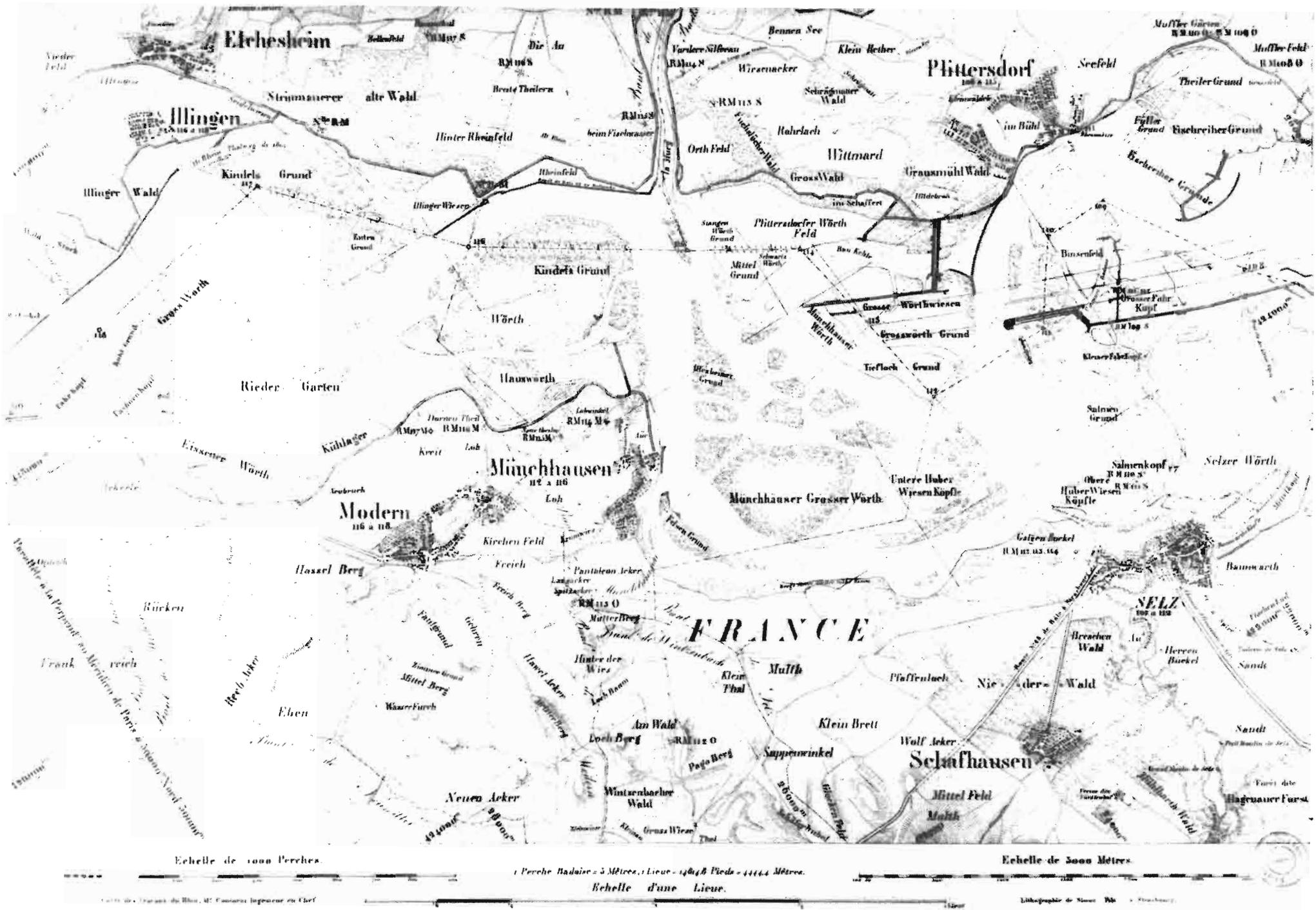


A N N E X E :

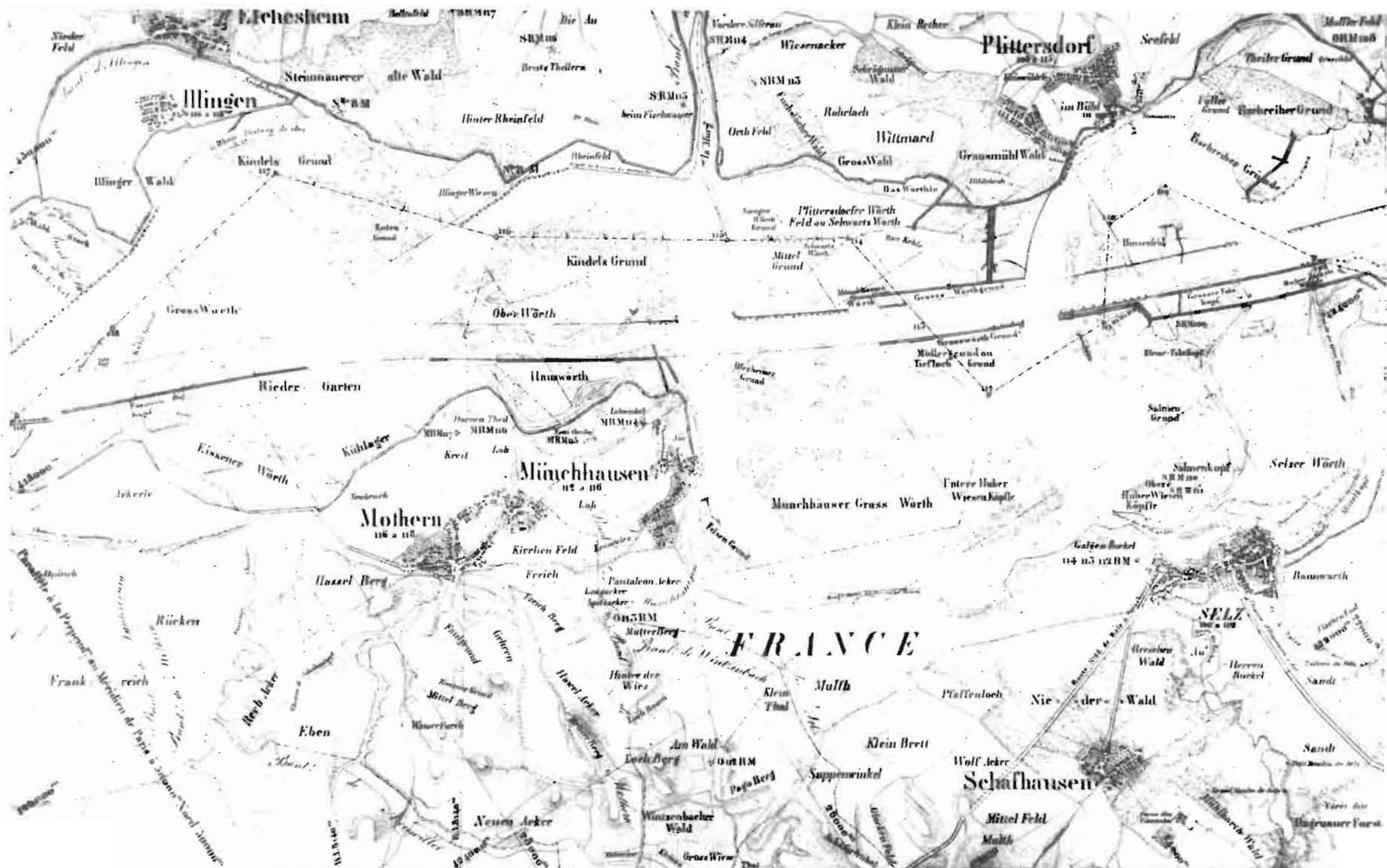
L'AMENAGEMENT DU RHIN ENTRE SELTZ ET MOTHERN.

- Cartes topographiques de 1802, 1828, 1845 et 1884.
- Carte topographique I.G.N., 1980.





1828



211

Echelle de 1000 Perches.

1 Perche Radice = 3 Mètres. 1 Lieue = 14848 Pieds = 4444 Mètres.

Echelle de 1000 Mètres.

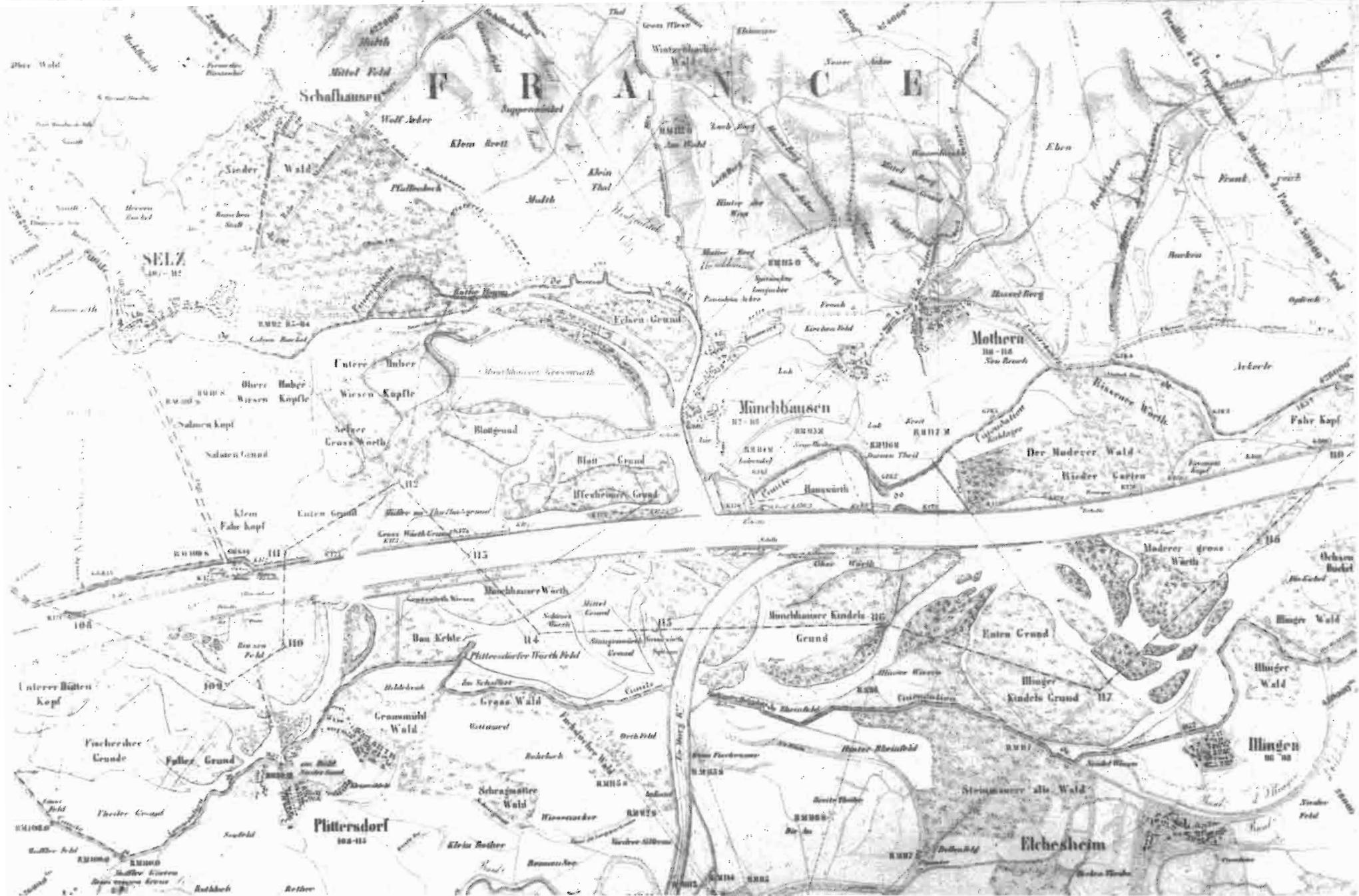
Echelle d'un Lieue.

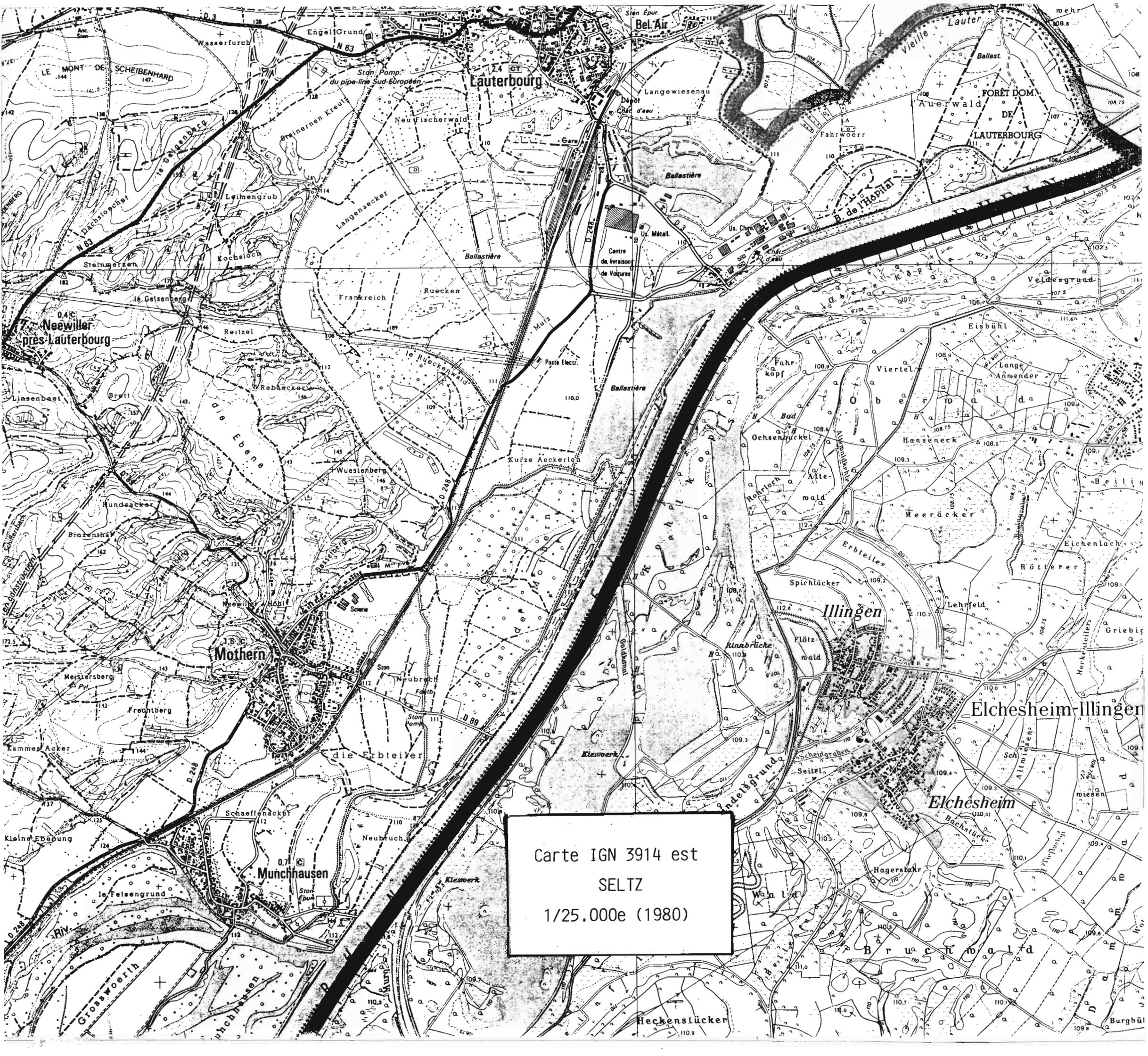
Carte des Travaux de l'Etat, par l'Ingénieur en Chef.

Lithographie de Neuf. No. 1. Strasbourg.

1845
2^e Edition

1845





Carte IGN 3914 est
SELTZ
1/25.000e (1980)

B I B L I O G R A P H I E

- ARMSTRONG (J.A.), WEST (A.S.) - 1965.
Blood feeding activity by newly emerged female mosquitoes.
Mosquito News, 25, 3, pp. 263 - 268.
- ARNOLD (P.) - 1981 - La nuisance due aux moustiques - Etude préliminaire.
Rapport à la Direction Départementale des Affaires Sanitaires
et Sociales du Bas-Rhin. (Septembre 81)
- ARNOLD (P.) - 1982 - Etude écologique et cartographie des gîtes larvaires
d'Aedes (Aedimorphus) vexans. (Avec clé illustrée de détermination
des principales espèces de Culicidae de la plaine d'Alsace.
D.E.A., ORSTOM, Paris 1982.
- ARNOLD (P.) - 1982 - De mai à Septembre, le temps des moustiques.
Association des amis de la Sauer - Bulletin de liaison n° 2 -
Année 1982.
- ARNOLD (P.) - 1983 - La limitation de la nuisance due aux moustiques dans
la zone rhénane nord du Bas-Rhin. CICONIA - 7, fasc. 1, p. 58,
(C.R. du Colloque Inter-régional d'Ornithologie et de Mammalogie -
Strasbourg, 4 - 5 décembre 82)
- ARNOLD (P.) - 1983 - Un problème d'hier et de toujours : les moustiques.
PASSAGE, Bulletin du Syndicat d'Initiative de Gamsheim, n° 9,
pp. 12 - 13.
- ARNOLD (P.) - 1983 - La limitation de la nuisance due aux moustiques dans
le nord du Bas-Rhin.
Rapport au Conseil Scientifique et Technique du 22.02.83.
- ARNOLD (P.), KREMER (M.) - 1982. Preliminary Study for a Mosquito
Eradication Operation in Northern Bas-Rhin (France) ; Possible
effects on Ceratopogonidae. Mosquito News, 42, n° 4, pp. 515-516.
- BARJAC (H. de) - 1978 - Un nouveau candidat à la lutte biologique contre
les moustiques : B.T.I. - Entomophaga, 23, pp. 309 - 319.
- BARJAC (H. de) - 1978 - Une nouvelle variété de B.T.I. très toxique pour
les moustiques. B.T.I. Sérotype H₁₄ - C.R. Acad. Sc. PARIS - 13.3.78.
- BARJAC (H. de) - Oct. 1978 - Des bactéries contre les moustiques.
La recherche n° 93.
- BARJAC (H. de) - 1980 - Test d'innocuité aux mammifères avec B.T.I.
Test OMS, 20.2.80.
- BARJAC (H. de), CHARLES (J.F.) - 1983 - Une nouvelle toxine active sur les
moustiques, présente dans des inclusions cristallines produites
par Bacillus sphaericus. C.R. Acad. Sc, PARIS, t. 296, pp. 905-909.

- BARJAC (H. de) et al - 1980. Evaluation en gîtes naturels de l'activité du sérotype H₁₄ de BT sur les culicidés.
Bull. Soc. Path. Ex., 73, n° 3, pp. 315 - 321.
- BARTON (W.J.) - 1977. A special study to show larval densities in relation to water depth Mosquito News, 37, p. 130.
- BECKER (N.) - 1980. Gutachten über die Bekämpfung der Steckmücken im Bienwald. - non publié -
- BECKER (N.), LUDWIG (H.W.) - 1981. Untersuchungen zur Faunistik und Ökologie der Oberrheingebiet. Mitt.dtsch. Ges. allg. angew. Ent., 2, pp. 186 - 194.
- BERTRAND (H.) - 1954. Les insectes aquatiques d'Europe.
Ed. Paul LECHEVALLIER. PARIS, Vol. 1 : 547p. Vol. 2 : 551 p.
- BIBLIOTTI (E.) - 1971. L'écologie fondement et support de la lutte biologique. Ann. Paras. Hum. Comp., 1971, 46, pp. 5 - 10.
- BONNEFOI, BURGERJON, GRISON - 1958. Titration biologique de préparation de spores de Bacillus thuringiensis. C.R.Ac. Sci, 20 oct. 1958.
- BORG (A.F.), HORSFALL (W.R.) -1953, Eggs of floodwater mosquitoes. II. Hatching stimulus. Ann. ent. Soc. Am, 46, pp. 472 - 478.
- BORNERT (W.), HORA (Ch.), TOBIAS (W.) - 1978. Untersuchungen zur Limnologie des Schusterwörther Altrheins. Cour. Forsch. - Inst. Senkenberg, 35, pp. 17 - 59.
- BRAUER (H.) - 1972. Beiträge zur Biologie und Ökologie einheimischer Stechmücken unter besonderer Berücksichtigung der Art Aedes vexans. Schriftliche Haus arbeit zum Staatsexamen für das Lehramt an höheren Schulen, 151 S., Institut für Genetik, Mainz.
- BREELAND (S.G.), PICKARD (E.) 1967. Field observations on twenty-eight broods of flood water mosquitoes resulting from controlled floodings of a natural habitat in the Tennessee Valley. Mosquito News 27, 3, p. 343 - 358.
- BRUST (R.A.) - 1967. Weight and development time of different stadia of mosquitoes reared at various constant temperatures.
Can. Ent., 99, 9, pp. 986 - 993.
- BRUST (R.A.) - 1980. Dispersal behaviour of adult Aedes stictitus and Aedes vexans (Diptera : Culicidae) in Manitoba.
Can. Ent., 112, pp. 31 - 42.
- BUTTIKER (W.) - 1948. Beitrag zur Kenntnis der Biologie und Verbreitung einiger Stechmückenarten in der Schweiz.
Mitt. Schweiz. Ent. Ges., 21, pp : 1 - 148.
- CALLOT (J.) - 1939. Sur quelques gîtes et associations larvaires de moustiques. Ann.de Parasitologie, t. XVIII, n° 1, pp. 86 - 87.

- CALLOT (J.) - 1942. Sur Culex hortensis et Culex apicalis à Richelieu (Indre et Loire). Ann. Par. Hum. Comp., 1942, 19, pp. 129 - 141.
- CALLOT (J.) - 1945. Répartition des moustiques de France, en France et hors de France.
Extrait du compte-rendu de la Société de Biogéographie
n° 188 - 189 - 190.
- CALLOT (J.) - 29 Septembre 1946. Sur les moustiques en Alsace.
Rapport à Monsieur le Docteur CAYET, Inspecteur Divisionnaire de la Santé.
- CALLOT (J.) - 1946. Les papilles anales des larves de culicidés dans les conditions naturelles et expérimentales.
Bull. Soc. Path. exot., 39, n° 5 - 6, pp. 201 - 206.
- CALLOT (J.) - 1947. La réaction de l'homme aux piqûres de moustiques.
Ann. de Parasitologie, 22, n° 3 - 4, pp. 233 - 234.
- CALLOT (J.) - 1947. Sur les gîtes larvaires de Culex hortensis et Culex apicalis. Ann. de Parasitologie, t. XXII, n° 1 - 2, p. 81 - 83.
- CALLOT (J.) - 1950. Notes faunistiques sur quelques espèces de moustiques. (Culex hortensis et Theobaldia glaphyroptera). Bull. Ass. Philomatique d'Alsace et Lorraine, t. IX, fasc. 1, p. 39.
- CALLOT (J.) - 1950. Données biologiques sur Aedes vexans responsables de la plaie des moustiques en Alsace.
Non diffusé - Communication personnelle.
- CALLOT (J.) - 1951. La question des moustiques en Alsace.
La Technique sanitaire et municipale, 46ème année, p. 35.
- CALLOT (J.) - 1954. Culex apicalis d'Europe doit reprendre le nom de Culex territans Walker. Ann. Par. Hum. comp., 20, pp. 325 - 327.
- CALLOT (J.) - 1954. Le rapport trompe / palpe dans les biotypes du complexe Culex pipiens et leurs hybrides. Ann. de Parasitologie XXIX.
- CALLOT (J.) - 1954. Fluctuations dans la faune culicidienne.
Bull. Soc. Path. exot., 47, n° 2, pp. 289 - 292.
- CALLOT (J.) - 1957. Sur Culex torrentium (MARTINI)
Ann. de Parasitologie, t. XXXII, n° 4.
- CALLOT (J.), DAO VAN TY - 1944. Contribution à l'étude des moustiques français culicides de Richelieu (Indre et Loire).
Ann. de Parasitologie, t. XX, n° 1 - 2, pp. 43 - 66.
- CALLOT (J.), ROCHEDIEU - ASSENMACHER (V.) - 1953. Le paludisme en Alsace.
Histoire - Extension - Régression -
Revue de Pathologie Générale et Comparée n° 652, novembre 1953.
- CALLOT (J.), HAUSWALD, KEMPF - 1954. Considérations sur quelques cas de paludisme autochtone. Strasbourg Médical n° 12, Décembre 1954.

- CALLOT (J.), FORSTER (E.), MONLIBERT (L.), PETER (G.) - 1955;
Sur un cas de paludisme autochtone. Strasbourg Médical n° 10,
Octobre 1955.
- CALLOT (J.), ARNOLD (P.) - 1983. Moustiques.
Encyclopédie d'Alsace. Ed. Publitotal STRASBOURG. (A paraître).
- CAMBEFORT (Y. - 1970. Etude écologique des Culicidae de la forêt de
BOUCONNE. Thèse d'entomologie - Toulouse 1970.
- CARBIENER (R.) - 1974. Le Rhin et l'Alsace.
Bull. de la Société Industrielle de Mulhouse, 1974, n° 4,
pp. 61 - 70.
- CARPENTER (S.J.), LACASSE (W.J.) - 1955. Mosquitoes of North America
(North of Mexico.) - University of California Press,
Berkeley and Los Angeles.
- CHAPMAN (H.C.) - 1974. Biological control of mosquito larvae.
Ann. Rev. ent., 19, pp. 33 - 59.
- CHARLES (J.F.) - 1981. Cristallogénèse de Bacillus thuringiensis
H₁₄ et cytopathologie sur larves d'Aedes aegypti.
Thèse Entomologie PARIS.
- CHARLES (J.F.) - 1983. Action de la δ - endotoxine de Bacillus thuringiensis
variété israelensis sur cultures de cellules de Aedes aegypti L.
Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur), 134 A, pp. 365 - 381;
- CHARLES (J.F.), BARJAC (H. de) - 1981. Variation de pH de l'intestin
moyen chez A. aegypti dû au B.T.I.
Bull. Soc. Path. Ex., 74, n° 1, pp. 91 - 95.
- CHARLES (J.F.), BARJAC (H. de) - 1981. Histopathologie de l'action de la
 δ - endotoxine de B.T.I. sur A. aegypti.
Entomophaga, 26, 2, pp. 203 - 212.
- CHARLES (J.F.), BARJAC (H. de) - 1983. Action des cristaux de Bacillus
thuringiensis variété israelensis sur l'intestin moyen des
larves de Aedes aegypti L., en microscope électronique.
Ann. Microbiol. (Inst. Pasteur), 134A, pp. 197 - 218.
- CHINERY (M.) - Les insectes d'Europe. Ed. ELSEVIER, PARIS - BRUXELLES -,
1976.
- CLARKE (J.L. Jr.), WRAY (F.C.) - 1967. Predicting influxes of Aedes vexans
into urban areas. Mosq. News, 27, pp. 156 - 163.
- CLAUS (W.), KINZELBACH (R.) - 1976. Die Höheren Krebse des Naturschutz-
gebietes "Hördter Rheinaue" (Crustacea : Malacostraca).
Mitt. Pollichia, 64, pp. 129 - 137.
- COOK (F.), BUZICKY (A.W.) - 1971. A procedure for determining the outset of
diapause in Aedes vexans (Meigen). Mosquito News, 31, 1,
pp. 116 - 117.

- COUSSERANS (J.) - 1980. Zones protégées et démoustication.
Document n° 43, Conseil Scientifique et Technique,
E.I.D. du littoral méditerranéen.
- COUSSERANS (J.), GABINAUD (A.), SINEGRE (G.) - 1977. La démoustication.
Réflexion sur une méthodologie. Doc. n° 35. E.I.D. Montpellier.
- COUTELEN (F.), BIGUET (J.), DOBY (J.P.) - La régression du paludisme dans
la Région du Nord de la France. Revue de Pathologie Générale
Comparée.
- DANNAPFEL (K.-H.) - 1976. Bemerkenswerte Vorkommen von Wasserkäfern im
Oberrheingebiet (Insecta : Coleoptera).
Mitt. Pollichia, 64, pp. 166 - 172.
- DILLMANN (E.) - 1981. Chute d'Au-Neuburg. Endiguement de la rive gauche
du Rhin. Impact sur le site naturel du delta de la Sauer.
Bull. liaison Laboratoire des Ponts et Chaussées.
Mars - Avril, pp; 316 - 329.
- DOBY (J.M.) - 1955. Les culicidés des Pyrénées-Orientales.
I. Etude faunistique. Vie et Milieu VI, (3), 1955.
- EDMAN (J.D.) - 1964. Control of Culex tarsalis (Coquillett) and Aedes vexans
(Meigen) on Lewis and Clarke Larke (Gavins Point Reservoir) by
water level management. Mosq. News, 24, pp. 173 - 185.
- EDMAN (J.D.), BIDLINGMAYER (W.L.) - 1969. Flight capacity of blood-engorged
mosquitoes. Mosq. News, 29, pp. 386 - 392.
- EHLERT (W.) - 1979. Die Stechmücke Culex pipiens.
I. Morphologie und Anatomie der Imago. Mikrokosmos, 6 juin 1979.
- EHLERT (W.) - 1979. Die Stechmücke Culex pipiens.
II. Biologie des Imago, Larve und Puppe. Mikrokosmos, 8 août 1979.
- ENGELHARDT (W.) - 1974. Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher ? Eine
Einführung in die Lehre vom Leben der Binnengewässer.
6. Auflage, 257 S., Stuttgart.
- ESCHWEILER (W.) - 1959. L'Hydrologie du Rhin à l'aval de Bâle. Le Rhin
entre Bâle et Emmerich.
La Houille blanche, revue de l'ingénieur hydraulicien, n° 2,
pp. 125 - 160.
- FERENC (M.), MAGDOLNA (G.) - 1963. Les moustiques piqueurs de Hongrie,
BUDAPEST. Traduction RAGEAU - 1969.
- FRIEDRICH (E.), NIEHUIS (M.), OHLIGER (S.) - 1976. Beitrag zur
Libellenfauna der Südpfalz und angrenzender Gebiete (Insecta :
Odonata.)Mitt. Pollichia, 64, pp. 153 - 163.
- FROHNE (W.C.) - 1955. A note on swarms of so-called "woods" mosquitoes in
Mc Kinley Park, Alaska. Mosquito News, 15, pp. 173 - 175.
- GABINAUD (A.) - 1975. Ecologie de deux Aedes halophiles du Littoral
Méditerranéen Utilisation de la végétation pour l'établissement
d'une carte écologique. Thèse de Sciences - Montpellier 1975.

- GAILLIARD (H.) - 1927. Note sur les larves de Culex hortensis (PICALBI) et Culex apicalis (ADAMS) - Bull. Soc. Path. exot., 20, n° 7.
- GENDRIN (P.) - 1974. La nappe phréatique d'Alsace. Bull. de la Société Industrielle de Mulhouse, 1974, n° 4, pp. 147 - 152.
- GERMAIN (L.) - 1930. Mollusques terrestres et fluviatiles.
Ed. Paul LECHEVALLIER, PARIS, Vol 1 : 477p. Vol 2 : 420 p.
- GILLETT (J.D.) - 1971. Mosquitoes. Weidenfeld and Nicolson,
London, 274 p.
- GILLETT (J.D.), ROMAN (E.A.), PHILLIPS (V.) - 1977. Erratic hatching in Aedes eggs : a new interpretation. Proc. R. Soc. Lond. B 196, pp. 223 - 232.
- GILOT (B.) - 1968. Introduction à l'écologie des Culicinae de la région grenobloise. "Etude de chorologie verticale".
Thèse de doctorat en Médecine - Grenoble 1968.
- GJULLIN (C.M.), HEGARTY (C.P.), BOLLEN (W.B.) - 1941. The necessity of a low oxygen concentration for the hatching of Aedes mosquito eggs. J. cell. comp. Physiol., 17, pp. 193 - 202.
- GJULLIN (C.M.), YATES (W.W.), STAGE (H.H.), 1950. Studies on Aedes vexans (Meigen) and Aedes sticticus (Meigen), flood-water mosquitoes, in the lower Columbia River Valley.
Ann. ent. Soc. am., 43, pp. 262 - 275.
- GOETGHEBUER (M.) - 1925. Catalogue raisonné des Culicides de Belgique.
Bull. Soc. ent. Belg., 65, pp. 209 - 219.
- GRUNWALD (A.) - 1981. Faunistisch - ökologische Untersuchung der Gewässer eines Auen Waldes bei Oppenheim unter besonderer Berücksichtigung der Stech mücken. Beiträge Landespflege Rheinland - Pfalz, 8, pp. 182 - 225.
- GUILLAUME (A.) - La lutte contre les moustiques en Alsace ; Complexité du problème. Revue du Paludisme et de Médecine Tropicale.
- GUILLOTEAU (J.), MAS (J.P.) - 1980. Moustiques et démoustication en milieu urbain. Ann. de la Soc. Sci. Nat. de la Charente Maritime, vol. VI, fasc. 7., Mars 1980.
- KAJKOVA (Z.) - 1966. A study on gonotrophic cycles of the mosquito Aedes vexans (Meigen) in South Moravia.
Folia Parasit. (Praha), 13, pp. 361 - 370.
- HARANT (H.), ATTISSO (M.), RIOUX (J.A.) - 1955. Sur l'écologie des Diptères Culicidés. III. Les espèces limno-dendrophiles et leur biotope.
Compte-rendu des séances de la Société de Biologie, 149, p. 1626.
- HAVELKA (P.) - 1978. Rheinschnaken (Culiciden) Bekämpfung im rechtsseitigen Rheinthal zwischen Karlsruhe und Mannheim im Jahr 1977.
Culiciden Brutplätze.
Veröff. Naturschutz Landschaftspflege, Bad. Würt., 47, 48, pp. 423 - 441.

- HAVELKA (P.) - 1982. Kampf gegen Millionen Mini - Draculas.
"Wir und die Vögel" Mai - Juin 1982.
- HEDEEN (R.A.) - 1959. A review of the mosquito larvae of France.
II. The genus Aedes. Mosq. News, 19, n° 3, p. 179.
- HELLUY (J.R.) Le paludisme en Lorraine. Revue de Pathologie Générale
Comparée.
- HENCKEL (H.) - 1936. Studien zur Entstehung und zum Verlauf einer Aedes -
Plage. Z. hyg. Zool. Schädlingsbekämpfung, 28, pp. 17 - 30.
- HEURTEAUX (P.), MARAZANOF (F.) - 1965. Une méthode de prélèvement
quantitatif en écologie aquatique. Anns. Limnol., 1, pp. 191 - 196.
- HINTON (H.E.) - 1968. Observations on the biology and taxonomy of the
eggs of Anopheles mosquitos. Bull. Ent. Res., 57, pp. 495 - 508.
- HORSFALL (W.R.) - 1954. A migration of Aedes vexans (Meigen)
J. econ. Ent., 47, p. 544.
- HORSFALL (W.R.) - 1956. Eggs of floodwater mosquitoes.
III Conditioning and hatching of Aedes vexans.
Ann. ent. Soc. Am., 49, pp. 66 - 71.
- HORSFALL (W.R.) - 1963. Eggs of floodwater mosquitoes (Diptera : Culicidae)
IX. Local distribution. Ann. ent. Soc. Am., 56, 4, pp. 426 - 441.
- HORSFALL (W.R.), NOVAK (J.R.), JOHNSON (F.L.) - 1975.
Aedes vexans as a flood-plain mosquito.
Environ. Entomol., 4, pp. 675 - 681.
- IGLISCH (I.) - 1978. Stechmücken (Culicidae). Erkennen und Bekämpfen.
Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, 51,
pp. 166 - 171.
- JACOTOT (H.), TOUMANOFF (C.), VALLEE (A.), VIRAT (B.) - 1957.
Etude de l'aptitude d'Anopheles maculipennis atroparvus à
inoculer au lapin les souches atténuées du myxome infectieux.
Ann. Inst. Pasteur, 1957, 92, pp. 166 - 175.
- JENKIS (D.W.) - 1964. Pathogens, parasites and predators of medically
important arthropods. Annotated list and bibliography.
Bull. Org. Mond. Santé, 1964, 30, fasc. suppl.
- JOUBERT (J.), OUDAR (J.), MOUCHET (J.), HANNOUN (C.), - 1967.
Transmission de la myxomatose par les moustiques en Camargue.
Rôle prééminent de Aedes caspius et des Anopheles du groupe
maculipennis. Bull. Acad. Vét., 1967, 40, pp. 315 - 322.
- JUDSON (C.L.) - 1960. The physiology of hatching of Aedine mosquito eggs :
hatching stimulus. Ann. ent. Soc. Am., 53, 5, pp. 688 - 691.
- KEMPF (C.) - 1981. Alsace : l'homme et la nature.
Ed. Berger Levrault, Dernières Nouvelles d'Alsace, STRASBOURG

- KINZELBACH (R.) - 1976. Die Wasser-mollusken des Naturschutzgebietes "Hördter Rheinane". Mitt. Pollichia, 64, pp. 138 - 152.
- KRAMER, MULLA - 1979. Oviposition attractants et repellants of mosquitoes : oviposition responses of Culex mosquitoes to organic infusions. Environ. Ent., 8, pp. 1111 - 1117.
- KREMER (M.), CALLOT (J.), VERMEIL (C.) - 1961. Sur quelques nématocères vulnérants des eaux salées continentales de l'Est de la France. Bull. de l'Ass. Phil. Als. Lorr., t.XI, n° 1.
- LACEY (L.A.) - 1982. The efficacy, persistence and cycling potential of Bacillus sphaericus - J. Invertebr. Pathol., 1982, pp. 490 - 493.
- LARGET (I.) - 1981. Etude de la rémanence de Bacillus thuringiensis Rev. gén. Bot., 88, pp. 33 - 42.
- LARGET (I.), BARJAC (H. de) - 1981. Spécificité et principe actif de B.T.I. Bull. Soc. Path. Ex., 74, n° 2, pp. 216 - 227.
- LARGET (I.), CHARLES (J.F.) - 1982. Etude de l'activité larvicide de Bacillus thuringiensis variété israelensis sur les larves de Toxorynchitinae. Bull. Soc. Path. Ex., 75, pp. 121 - 130.
- LAVIER (G.), DAO VAN TY - 1944. Comportement anormal de certains Aedes pendant l'été 1943. Bull. Soc. Path. exot., 37, n° 7 - 8, pp. 245 - 250.
- LEFKOVITCH (L.P.), BRUST (R.A.) - 1968. Locating the eggs of Aedes vexans (Mg.) (Diptera : Culicidae). Bull. ent. res., 58, 1, pp. 119 - 122.
- LUTHY (P.), RABOUD (G.), DELUCCHI (V.), KUENZI (M.) - 1980. Field efficacy of B.T.I. Bull. Soc. Ent. Suisse 53, pp. 3 - 9.
- MAC HAFHEY (D.G.) - 1972. Photoperiod and temperature influences on diapause in eggs of the floodwater mosquito Aedes vexans (Meigen) (Diptera : Culicidae) J. Med. Ent. , 9, pp. 564 - 571.
- MARJOLET (M.) - 1977. Les Culicidés des zones humides de Loire - Atlantique. Aspects écologiques et nuisances. Thèse médecine - 24.6.1977 - Nantes.
- MARJOLET (M.), GUILLOTEAU (J.) - 1983. "Le conflit homme - moustique en zone littorale atlantique". Mise en place, intégration d'une structure de lutte contre la nuisance due aux Culidés ; activités de l'E.I.D. Atlantique. Troisième rapport de recherche du groupe SERS. (Rapport préliminaire) Nantes février 1983.
- MARSHALL (J.F.) - 1938. The British Mosquitoes. British Museum, Londres, 341 p.
- MATTINGLY (P.F.) - 1967. The systematics of the Culex pipiens complex. Bull. Corg. Mond. Santé, 1967, 37, pp. 257 - 261.
- MELLANBY (K.) - 1946. Man's reaction to mosquito bites. Nature, LONDON, CLVIII, p. 554.

- MOHRIG (W.) - 1965. Die Stechmücke: Aedes vexans.
Angew. Parasit., 6, 2 : pp. 1 - 12.
- MOHRIG (W.) - 1969. Die Culiciden Deutschlands. Untersuchungen zur Taxonomie, Biologie und Oekologie der einheimischen Stechmücken.
Parasitologische Schriftenreihe 18, Gustav Fischer, Jena, 260 p.
- MOULINIER et al. - 1981. Etude de l'inocuité de B.T.I. pour les larves d'huitres. Bull. Soc. Path. ex., 74.
- MOUSSIEGT (O.) - 1979. Bibliographie de Aedes (Aedimorphus) vexans (Meigen 1930).
Documents E.I.D. Montpellier n° 42.
- MOUSSIEGT (O.) - 1982. Bibliographie de Aedes (Aedimorphus) vexans (Meigen 1930).
Documents E.I.D. Montpellier n° 46.
- NATVIG (L.R.) - 1948. Contribution to the knowledge of the Danish and Fennoscandian Mosquitoes. Norde Ent. Tidsskrift OSLO Suppl. 1, 567 p.
- NIELSEN (E.T.), HAEGER (J.S.) - 1960. Swarming and mating in mosquitoes. Misc. Publs. ent. Soc. Am., 1, pp. 71 - 95.
- NOELDNER (E.) - 1951. Moustiques rares ou peu connus d'Alsace. Diptera, t.XI, 20 avril 1951.
- OCHSENBEIN (G.) - 1966. La végétation sur les bords du Rhin. Saisons d'Alsace, n° 19, pp. 383 - 398.
- OCHSENBEIN (G.) - 1977. Les forêts du Rhin au sud de STRASBOURG. Saisons d'Alsace, n° 61 - 62, pp. 70 - 80.
- ORTSCHEIT (A.), JAEGER (P.), CARBIENER (R.), KAPP (E.) - 1982. Les modifications des eaux et de la végétation aquatique du Waldrhein consécutives à la mise en place de l'ouvrage hydroélectrique de Gamsheim, au Nord de Strasbourg. Studies on Aquatic Vascular Plants, BRUSSELS, pp. 277 - 283.
- PAPIEROK (B.) - 1972. Dénombrement de populations larvaires de Culicides (Diptera : Culicidae). Estimations comparées de l'effectif de populations larvaires d'Aedes cataphylla Dyar et d'Aedes detritus (Haliday) dans le Sud de la France, à l'aide de la méthode de "capture-marquage-recapture" et de la méthode utilisant le coup de louche ou "dipping".
Paris, Université Paris VI, Thèse, 133 p.
- PARDE (M.) - 1959. Quelques considérations générales sur l'hydrologie du Rhin et sur les aménagements de ce fleuve.
La Houille blanche, revue de l'ingénieur hydraulicien, n° 2, pp. 101 - 114.
- PASTEUR (N.) - 1977. Recherches de génétique chez Culex pipiens pipiens L. Polymorphisme enzymatique, autogenèse et résistance aux insecticides organophosphorés.
Thèse de Sciences - Montpellier 1977.

- PAUTOU (G.) - 1973. Recherches écologiques, démoustication et protection de la nature. E.I.D. Rhône-Alpes - 1973.
- PAUTOU (G.) - 1975. Contribution à l'étude écologique de la plaine alluviale du Rhône entre Seyssel et Lyon.
Thèse de Sciences - Grenoble 1975.
- PAUTOU (G.) et coll., COUSSERANS (J.) et coll. - 1973.
Cartographie écologique appliquée à la démoustication.
Documents de cartographie écologique, vol. XI.
- PAUTOU (G.), GIREL (J.), LACHET (B.), AIN (G.) - 1979.
Recherches écologiques dans la vallée du Haut-Rhône français.
Documents de cartographie écologique, vol. XXII.
- PERRIER (R.) - 1972. La faune de la France illustrée.
Ed. DELAGRAVE, PARIS, (10 volumes).
- PEUS (F.) - 1972. Uber das Subgenus Aedes sensu stricto in Deutschland (Diptera : Culicidae). Z. ang. Ent., 72, pp. 177 - 194.
- PEUS (F.) - 1975. Die "Rheinschnaken" (Diptera : Culicidae). Arten, Lebensweise, Okologie, Massenentfaltung, Gegenwehr.
Zeitschr. F. Angewandte Zoologie, 62, (2), pp. 231 - 242.
- PRITCHARD (G.), SCHOLEFIELD (P.J.) - 1980. Efficiency of the enfield sampler for quantitative estimates of larval and pupal mosquito populations.
Mosq. News, 40, n° 3, p. 383.
- RABOUD (G.) - 1979. Les espèces culicidiennes (Diptera, Culicidae) de la réserve de Pouta Fontana (Valais central) : étude écologique et démoustication.
Thèse de Sciences Naturelles - ZURICH 1979.
- RAGEAU (J.), MOUCHET (J.), ABONNENC - 1979. Répartition géographique des moustiques de France. Cah. ORSTOM. sér. Ent. méd. vét., vol. VIII, n° 3, pp. 289 - 315.
- RASTETTER (V.) - 1974. La végétation de l'île du Rhin entre le pont de Vogelgrün et l'usine hydroélectrique de Kembs.
Bull. de la Société Industrielle de Mulhouse, 1974, n° 4, pp. 103 - 111.
- RIEB (J.P.) 1982. Contribution à la connaissance de l'écologie et de la biologie des cératopogonidés (Diptères, Nématocères).
Thèse de Sciences - STRASBOURG.
- RIOUX (J.A.) - 1958. Les Culicidés du "Midi" méditerranéen.
P. Lechevalier, PARIS, 35, 303 p.
- ROCHE (B.) - 1982. Rapport de stage E.I.D. Atlantique.
"La lutte contre les moustiques sur le littoral Atlantique".
Mémoire D.E.A. des Sciences de la mer - NANTES.
- ROMAN (E.) - 1940). Sur quelques moustiques rares de la région lyonnaise.
Bull. Soc. Entomol. de France.

- ROMAN (E.), PICHOT (J.) - 1974. Le moustique Culiseta alaskaensis alaskaensis (Diptères Culicidae) en Dombes.
Ann. de Parasitologie, 49, n° 4, pp. 501 - 504.
- ROMAN (E.) - Sur la biologie des moustiques fluviatiles. Considérations sur les méthodes de lutte à leur opposer.
Avenir médical, 7, pp. 211 - 216.
- ROUBAUD (E.) - Le nettoyage des surfaces d'eau par les larves d'Anopheles.
Bull. Soc. Path. exot., 29, pp. 688 - 691.
- ROUBAUD (E.) - 1933. Essai synthétique sur la vie du moustique commun (Culex pipiens).
L'évolution humaine et les adaptations biologiques du moustique;
Annls. Sci. nat. Zool., 16, 10, pp. 1 - 168.
- SALIERES (A.), GUY (Y.), SUZZONI-BLATGER (J.), COUSSERANS 5J.) - 1978.
Bilan de quatre années de recherches sur le "complexe maculipennis" (Diptera - Culicidae - Anophelinae)
Ann. Parasitologie, t. 53, n° 6, pp. 751 - 756.
- SCHARF (B.) - 1976. - Zur rezensent Muschelkrebsfaune des Naturschutzgebietes "Hördter Rheinaue" (Crustacea : Ostracoda).
Mitt. Pollichia, 64, pp. 121 - 128.
- SCHNETTER (W.), ENGLER (S.), MARAWCSCI (J.), BECKER (N.) - 1981.
Wirksamkeit von B.T.I. gegen Stechmückenlarven und Non-target Organismen.
Mitt. dtch. - Ges. allg. angew. Ent. 2, pp. 195 - 202.
- SEGUY (E.) - 1923. Histoire naturelle des moustiques de France.
Paris, Lechevalier, 225 p.
- SEGUY (E.) - 1950. La biologie des diptères.
Ed. Paul LECHEVALLIER, PARIS.
- SENEVET (G.), ANDARELLI (L.) - 1956. Les Anophèles de l'Afrique du Nord et du Bassin méditerranéen. Encycl. Ent., 33, p. 280.
- SERVICE (M.W.) - 1969. Observations on the ecology of some British mosquitoes. Bull. ent. Res., 59, pp. 161 - 194.
- SERVICE (M.W.) - 1971. Feeding behaviour and host preferences of British mosquitoes. Bull. ent. Res., 60, pp. 653 - 661.
- SERVICE (M.W.) - 1977. Ecological and biological studies on Aedes cantans (Meigen) (Diptera : Culicidae) in Southern England.
J. appl. Ecol., 14, pp. 159 - 196.
- SICART (M.), RUFFIE (J.) - 1960. Etude sur les nymphes des culicinés du sous-bassin Aquitain.
Ann. de Parasit., t. XXXV, n° 3, p. 631.
- SINEGRE (G.) - 1979. La chute de la teneur en oxygène dissous à l'interface eau-sol des marais temporaires gouverne l'éclosion des oeufs quiescents de moustiques.
Bull. Soc. Ecophysiol., 4, 1, pp. 53 - 56.

- SINEGRE (G.) - 1979. Evaluation de l'activité larvicide de B.T.I. sur les culicidés. Performance des formulations commerciales. Impact sur la faune non-cible. Doc. n° 40 E.I.D. Montpellier.
- SINEGRE (G.) - 1980. Sécurité d'emploi du B.T.I. pour la faune non-cible. Test OMS. 1980.
- SINEGRE (G.), RIOUX (J.A.), SALGADO (J.), - 1979. Fascicule de détermination des principales espèces de moustiques du littoral méditerranéen français. E.I.D. Montpellier.
- SOMMERMAN (K.M.) - 1969. Blood meals and egg production of four species of Alaska Aedes in captivity (Diptera : Culicidae). Mosq. News, 29, pp. 654 - 666.
- STADE (H.H.), GJULLIN (C.M.), YATES (W.W.) - 1937. Flight range and longevity of floodwater mosquitoes in the lower Columbia River Valley. J. econ. Ent. 30, pp. 940 - 945.
- TETART (J.) - 1973. Le plancton. Etude écologique des anciens lits du Rhône, GRENOBLE 1973, pp. 40 - 52.
- THOMPSON (P.H.), DICKE (R.J.) - 1965. Sampling studies with Aedes vexans and some other wisconsin Aedes (Diptera : Culicidae). Ann. Ent. Soc. Am., 58, pp : 927 - 930.
- TISSSET (J.P.) - 1968. Un exemple pilote de lutte contre les moustiques dans une station climatique : la démoustication de la Baule en Bretagne. Thèse de Doctorat en Médecine, Paris 1968, n° 779.
- TRPIS (M.) - 1962. Oekologische Analyse der Stechmückenpopulationen in der Donautiefebene in der Tschechoslowakei. Biologické práce, 8, 129 p.
- VAN DER GEEST (L.P.S.), BARJAC (H. de) - 1982. Pathogenicity of Bacillus thuringiensis toward the tsetse fly Glossina pallidipes Z. für angew. Ent., 93, 5, pp. 504 - 507.
- VAN THIEL (P.), WEURMAN (C.) - 1946. Observations physiques concernant les causes de pénétration de l'Anopheles maculipennis atroparvus à jeun dans les locaux habités ou non par l'homme ou par le porc. Bull. Soc. Path. exot., 1946, 39, pp. 290 - 295.
- VIERTEL (B.) - 1976. Die Amphibien Rheinhessens unter besonderer Berücksichtigung der Umgebung von Oppenheim. Mz. Naturw. Arch., 15, pp. 183 - 221.
- VILLENEUVE (D.C.) - 1919. Notes sur les Nématocères vulnérants - Diptères - espèces françaises. Bull. Soc. Ent. France, 1919, pp. 54 - 60.

- VISCHER (D.), JENSEN (H.) - 1983. Prévisions de débit.
Exemple : le Rhin à Rheinfelden - Ing. et Archit. Suisses n° 5.
- VOGEL (R.) - 1929. Zur Kenntnis der Stechmücken Württembergs.
I. Teil Jahreshefte d. Vereins F. vaterl. Naturkunde in
Wurtemberg, pp. 258 - 277.
- VOLZ (P.) - 1976. Die Regenwurm - Populationen im Naturschutzgebiet
"Hördter Rheinaue" und ihre Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsregime
des Standorts (Annelida : Oligochaeta : Lumbricidae).
Mitt. Pollichia, 64, pp. 110 - 120.
- WALSER (E.) - 1959. Le bassin du Rhin à l'amont de Bâle et l'influence
des lacs sur le régime du fleuve.
La Houille blanche, revue de l'ingénieur hydraulicien, n° 2,
pp. 115 - 124.
- WEST DAVIDSON (E.) - 1982. Insecticidal Factors from Bacillus sphaericus
and production of Biocides from this organism.
Basic Biology of Microbial Larvicides of vectors of Human
Diseases - Doc. miméogr. , O.M.S., UNDP, World Bank - Genève.
- WHISLER (H.C.), ZEBOLD (S.L.), SHEMANCHUK (J.A.) - 1975.
Life history of Coelomomyces psorophorae.
Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A., 72, N° 2, pp. 693 - 696.
- WILSON (G.R.), HORSFALL (W.R.) - 1970. Eggs of floodwater mosquitoes.
XII. Installment hatching of Aedes vexans (Diptera : Culicidae).
Ann. ent. Soc. Am., 63, pp. 1644 - 1647.
- WRIGHT (R.E.), KNIGHT (K.L.) - 1966. Effect of environmental factors on
biting activity of Aedes vexans (Meigen) and Aedes trivittatus
(Coquillett). Mosq. News, 26, pp. 565 - 578.

Etude écologique des anciens lits du Rhône entre le confluent du Guiers et le confluent de l'Ain. - 1973.

Par G. AIN, B. GILOT, M.C. NEUBURGER, G. PAUTOU, J. TETART, J. THOMAS, Université scientifique et médicale de Grenoble, E.I.D. - Rhône-Alpes, Grenoble, 75 p.

Etude écologique des îles du Rhône entre Seyssel et Lyon.

Organisation opérationnelle de la Démoustication - 1972.

Par G. PAUTOU, J. THOMAS, G. AIN, R. MERIAUDEAU, B. GILOT, M.C. NEUBURGER. Université scientifique et médicale de Grenoble, E.I.D. Rhône-Alpes -, Grenoble, 53 p.

Prévision à court terme des débits du Rhin à Rheinfelden - mars 1980.

Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques annexés à l'E.P.F. - ZURICH - Rapport n° 100.26.

Prévision à court terme des débits du Rhin à Rheinfelden - avril 1980.

Laboratoire de Recherches Hydrauliques, Hydrologiques et Glaciologiques annexés à l'E.P.F. - ZURICH - Rapport n° 100.29.

FLORE D'ALSACE - 1982 - Société d'étude de la flore d'Alsace, STRASBOURG, 621 p.

Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse : L'eau en Alsace - 1974 - n° 4, MULHOUSE, 180 p.

Connaissance du Bassin Rhin-Meuse - 1981 - Agence de Bassin Rhin-Meuse, MOULINS-LES-METZ, 135 p.

L'atmosphère en Alsace, tome 1 : rapport - 1976 - Direction météorologique régionale Nord-Est, 193 p.

L'atmosphère en Alsace, tome 2 : annexes - 1976 - Direction météorologique régionale Nord-Est, 77 p.

Bulletin annuel de météorologie et de climatologie - 1980 - Direction météorologique du BAS-RHIN, STRASBOURG, 61 p.

Bulletin annuel de météorologie et de climatologie - 1981 - Direction météorologique du BAS-RHIN, STRASBOURG, 52 p.

Tableaux climatologiques mensuels, Années 1982 et 1983 - Direction météorologique du BAS-RHIN, STRASBOURG.

LA HOUILLE BLANCHE : Le Rhin - 1959 - Association pour la diffusion de la documentation hydraulique, Grenoble 282 p.

T A B L E D E S M A T I E R E S

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER : CADRE DE L'ETUDE	13
Première partie : LE MILIEU PHYSIQUE	
I. Le secteur d'étude	17
1. Situation géographique	17
2. Géologie historique du bassin alluvial rhénan	17
II. Le Rhin à l'amont de Lauterbourg	19
1. Le bassin-versant en amont de Bâle	19
2. Le bassin-versant à l'aval de Bâle	19
3. L'aménagement du Rhin alsacien	20
4. Le régime du Rhin en amont de Lauterbourg	21
5. Le régime des rivières vosgiennes dans le secteur d'étude:Sauer et Seltzbach	21
6. Le régime du Rhin à Seltz-Lauterbourg pendant la période d'étude (1980 - 1983)	24
III. La nappe phréatique de la plaine d'Alsace	25
Description de l'aquifère alsacien.	
IV. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur d'étude	27
V. Description du secteur d'étude - Fonctionnement du complexe Rhin-Nappe	28
1. Cadre géologique	28
2. Les cours d'eau et les gravières	28
3. Fonctionnement du complexe Rhin-Nappe	29
4. Régime des inondations	29
VI. Le climat	31
1. Les grands traits du climat de la plaine du Rhin au Nord de Strasbourg	31

1.1. Températures	31
1.2. Précipitations	34
1.3. Vents	34
1.4. Humidité relative	34
2. Particularités du climat dans le secteur d'étude (Seltz-Lauterbourg)	35
3. Importance des paramètres météorologiques	35
4. Les principaux paramètres météorologiques pendant la période d'étude (1980 - 1983)	35
Deuxième partie : FLORE ET FAUNE	
I. Flore	41
Les contraintes du milieu	
1. L'inondation par remontée de nappe	41
2. Importance des variations du niveau d'eau	42
3. Les hautes eaux d'été et les débordements du Rhin	42
II. Faune	43
Principales espèces animales présentes dans le secteur d'étude.	
1. La faune aquatique des zones humides permanentes ou temporaires	44
1.1. Le plancton	44
a) Liste systématique des Crustacés du plancton	44
b) Milieux permanents (Bras morts, étangs, mares ...)	45
c) Milieux temporaires	45
d) Adaptations des espèces à l'assèchement	46
1.2. La microfaune	46
a) Turbellariés	46
b) Gastéropodes	46
c) Acariens	47
d) Insectes	47
* Odonates	
* Hétéroptères	
* Ephéméroptères	
* Trichoptères	
* Coléoptères	
* Diptères	

1.3. La macrofaune	50
a) Poissons	50
b) Amphibiens	52
c) Reptiles	53
2. La faune terrestre et aérienne	53
a) Reptiles	53
b) Oiseaux	53
c) Mammifères	55
CHAPITRE DEUXIEME : LES CULICINAE EN ALSACE	57
Première partie : HISTORIQUE DE L'ETUDE DES CULICINAE D'ALSACE	
I. Travaux antérieurs	61
1. Les espèces signalées en Alsace	61
LISTE DES CULICINAE D'ALSACE	65
2. Travaux allemands dans la plaine du Rhin	67
II. Répartition géographique des espèces	69
Deuxième partie : ROLE PATHOGENE DES MOUSTIQUES D'ALSACE	71
I. Le paludisme en Alsace	74
1. L'histoire du paludisme en Alsace	74
2. La régression du paludisme en Alsace	75
3. Les causes de la régression	75
3.1. L'anophélisme	76
3.2. La déviation trophique des anophèles	76
3.3. Le plasmodium	76
3.4. D'autres explications probables	77
II. Autres rôles pathogènes des moustiques en Alsace	77
La piqûre des moustiques	78
Troisième partie : LES CULICINAE D'ALSACE	81
Matériel et méthodes	85

<i>Anopheles maculipennis</i>	88
<i>Anopheles plumbeus</i>	92
<i>Anopheles claviger</i>	94
<i>Culex pipiens</i>	95
<i>Culex torrentium</i> ;.....	100
<i>Culex theileri</i>	101
<i>Culex hortensis</i>	103
<i>Culex territans</i>	105
<i>Culiseta annulata</i>	107
<i>Culiseta subochrea</i>	109
<i>Culiseta alaskaensis</i>	110
<i>Culiseta glaphyroptera</i>	111
<i>Culiseta morsitans</i>	114
<i>Culiseta fumipennis</i>	115
<i>Culiseta longiareolata</i>	116
<i>Coquillettidia richiardii</i>	117
<i>Aedes geniculatus</i>	118
<i>Aedes refiki</i>	119
<i>Aedes caspius</i>	120
<i>Aedes detritus</i>	123
<i>Aedes dorsalis</i>	124
<i>Aedes diantaeus</i>	125
<i>Aedes excrucians</i>	126
<i>Aedes rusticus</i>	127
<i>Aedes cantans</i>	129
<i>Aedes annulipes</i>	131
<i>Aedes communis</i>	133
<i>Aedes punctor</i>	135
<i>Aedes cinereus</i>	137
<i>Aedes sticticus</i>	139
<i>Aedes vexans</i>	140
CHAPITRE TROISIEME : BIOLOGIE et ECOLOGIE D'AEDES VEXANS	143
I. Notes biologiques	147
II. Dynamique des populations préimaginales	147
1. Les oeufs	147
1.1. La ponte	147
1.2. Choix du gîte de ponte	149

1.3. Eclosion des oeufs	151
1.3.1. Quiescence	
1.3.2. Stimuli d'éclosion	
2. Larves et nymphes	153
2.1. Densité des larves et nymphes	153
2.1.1. Matériel et méthodes	153
2.1.2. Résultats et discussion	154
2.2. Durée du développement larvo-nymphal	155
2.3. Associations larvaires	155
III. Les gîtes larvaires - Cartographie écologique	157
1. La notion de niveau	157
2. Les niveaux écologiques dans le secteur d'étude	157
2.1. Niveaux aquatiques	158
2.2. Niveaux à inondations temporaires	161
2.3. Niveaux forestiers	163
2.4. Niveaux artificiels	165
3. La mise en eau des gîtes potentiels - Prévisions	168
Sources de données	168
IV. Dynamique des populations imaginale	172
1. Emergence des adultes	172
2. Vol nuptial	172
3. Déplacements des imagos	173
4. Agressivité des femelles	174
4.1. Attraction trophique	174
4.2. Endophilie	174
4.3. Cycle d'agressivité nycthémérale	175
4.3.1. Matériel et méthodes	175
4.3.2. Résultats et discussion	177

CONCLUSION ET PERSPECTIVES	205
ANNEXE	207
L'aménagement du Rhin entre Seltz et Mothern	209
Cartes topographiques de 1802, 1828, 1845 et 1884	
Carte topographique I.G.N. 1980	213
BIBLIOGRAPHIE	215

TABLE DES FIGURES

Fig. 1 : Situation du secteur d'étude par rapport à STRASBOURG	16
Fig. 2 : Le Rhin à l'amont de Lauterbourg	18
Fig. 3 : Courbe moyenne des hauteurs d'eau du Rhin observées de 1931 à 1975	22
Fig. 4 : Niveaux d'eau du Rhin à l'échelle de Lauterbourg	23
Fig. 5 : Cartes piézométriques du secteur Munchhausen - Lauterbourg	30
Fig. 6 : Zones inondables par débordement du Rhin	32
Fig. 7 : Températures et précipitations moyennes dans le Nord du Bas-Rhin (1959 - 1975)	33
Fig. 8 : Rose des vents dans le secteur d'étude	36
Fig. 9 : Températures à Stattmatten et précipitations à Lauterbourg	38
Fig. 10 : Fossé mal curé à Mothern : un gîte idéal pour Culex pipiens (photo)	96
Fig. 11 : Niveau à Carex elata avec boqueteaux de Salix cinerea. Gîte larvaire à Aedes vexans, Aedes sticticus, et Aedes cinereus (photo)	149
Fig. 12 : Durée du développement larvo-nymphal en fonction de la température moyenne de l'eau des gîtes	156
Fig. 13 : Carte écologique des gîtes larvaires (Secteur compris entre la Vieille Lauter et le Rhin)	159
Fig. 14 : Niveau à Phragmites communis (photo)	160
Fig. 15 : La saussaie inondable à Salix alba (photo à Munchhausen)	164
Fig. 16 : Carte des mises en eau (Secteur compris entre la Vieille Lauter et le Rhin)	171
Fig. 17 : Cycle d'agressivité nyctémérale	176
Fig. 18 : Cycle d'agressivité saisonnière	178
Fig. 19 : Abondance relative des espèces A. vexans, A. sticticus et A. cinereus dans les captures en 1983	182
Fig. 20 : Durée moyenne de l'ovogénèse en fonction de la température moyenné de l'air pour Aedes vexans et Aedes cinereus	184
Fig. 21 : Zone de loisirs (photo)	194

T A B L E A U X

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux des rivières et de la nappe phréatique	26
Tableau 2 : Ethologie, chorologie, biologie des culicinae d'Alsace. Récapitulation	141
Tableau 3 : Périodes de développement des principales espèces de culicinae d'Alsace	142
Tableau 4 : Niveaux écologiques de la zone rhénane	166

O.R.S.T.O.M. Éditeur
Dépôt légal : 4^e trim. 1984
I.S.B.N. : 2-7099-0741-0

Imp. S.S.C. Bondy