CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE APPLIQUÉE A LA DÉMOUSTICATION

Université Scientifique
et Médicale de Grenoble
Laboratoire de Biologie Végétale
**G.PAUTOU, G. AIN,
B.GILOT**

Entente Interdépartementale
pour la Démoustication
du Littoral Méditerranéen
**J. COUSSERANS, A.GABINAUD,
P. SIMONNEAU**

INTRODUCTION 2

I - LES BASES DE LA LUTTE 3

II - LA CARTE ECOLOGIQUE, REALISATION ET UTILISATION 6

A - La notion de niveau, 6. - B - Réalisation de la carte écologique, 8. - C - Zone d'iso-submersion, 9. - D - Utilisation de la carte écologique, 9.

CONCLUSION 11

BIBLIOGRAPHIE 11

Résumé. - Les opérations de lutte contre les moustiques se pratiquent en France sur le littoral lanquedocien, le littoral corse, le littoral atlantique et la région Rhône-Alpes, intéressant,en tout,plus de quinze départements. La carte écologique constitue,maintenant,le document indispensable pour pratiquer contre les Culicides une lutte anti-larvaire efficace tout en limitant,au maximum,l'épandage d'insecticides et ses conséquences secondaires. L'essai de méthodologie cartographique présenté dans ce travail est le résultat d'une collaboration étroite entre les chercheurs de l'Entente Interdépartementale du littoral méditerranéen , de l'Entente Interdépartementale de la région Rhône-Alpes et du Laboratoire de Biologie Végétale de l'Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

Zusammenfassung. - Die Unternehmungen gegen die Stechmücken werden in Frankreich in vier Gebiete ausgeübt : Meerstrand des Languedocs, Korsikas, des atlantischen Ozeans und das sogennante Rhône-Alpes-Bezirk, insgesamt mehr als fünfzehn Departemente. Die ökologische Karte stellt nun mehr das un - entbehrliche Dokument dar, um gegen die Schnak-Larven einen wertvollen Kampf zu unternehmen, mit höchster Beschränkung des Produktsergiessen und der sekundären Folgen. Der beiliegende Versuch einer kartographischen Methodologie folgt einer Mitarbeit zwischen den Forschern des Vereines für die Mittelmeerküste, des Vereines für das Rhône-Alpes-Bezirk und der biologischen Laboratorien der Universität Grenoble.

Riassunto. - Le operazioni di lotta contro la zanzare si praticano in Francia sul littorale del Linguadoca, sul littorale corso, sul littorale atlantico e nella regione "Rhône-Alpes", interessando in tutto piu di 15 dipartimenti. La carta ecologica costituisce adesso il documente indispensabile per praticare contro i Culicidi una lotta antilarvaria efficace, limitando nelle stesso tempo al massivo lo spargimento delle insetticide e le sue conseguenze secondarie. La provi di metodologia cartografica presentata in questo lavoro e il risultado di une collaborazione stretta tra i cercatori dell'Entente Interdepartementale du Littoral Mediter - ranéen, dell'Entente Interdépartementale de la région Rhône-Alpes e del laboratorio di Biologia vegetale dell' Universita di Grenoble I.

Summary. - Mosquito eradication is done in various area in France : Atlantic and Meditteranean shores, Corse, Rhône-Alpes region. Ecological mapping is now required to eradicate Mosquito larva and to prevent secondary chemical pollution. Aims and methods are given.

INTRODUCTION

Pendant de longues années, le fléau que représentent les Culicides a été ignoré. Cependant, dès le XIIIe siècle, MARCO POLO rapporte dans ses écrits l'utilisation des moustiquaires en Inde, dans des régions où la vie était difficile sans l'utilisation de cet artifice.

Il faut attendre les premiers travaux de LAVERAN sur l'Hématozoaire du paludisme et de ROSS sur l'Anophèle, au siècle dernier, pour apprendre que le moustique pouvait intervenir dans la transmission des maladies. Dès ce moment, les recherches sur ce sujet firent de rapides progrès et les Culicides ont été incriminés dans la transmission de nombreuses affections. Tous ces travaux concernent le rôle vectoriel du moustique dans l'épidémiologie d'un grand nombre d'affections humaines ou animales, paludisme, fièvre jaune, dengue, filariose, etc.. Sous nos climats, en particulier, ce rôle peut être considéré comme mineur et pendant longtemps le problème posé par les Culicides n'a pas inquiété l'opinion publique.

Mais l'élévation du niveau de vie, l'éducation des masses, l'orientation vers une civilisation de loisirs ont amené les responsables de divers secteurs d'aménagements du milieu à s'intéresser aux moustiques. C'est ainsi qu'a vu le jour, après le rôle vectoriel du moustique connu depuis longtemps, la notion de nuisance.

Dans notre pays, plusieurs actions ont été entreprises dans des régions très différentes : il s'agit des zones littorales méditerranéennes et atlantiques, mais, également, des secteurs continentaux comme l'Ain, l'Isère, la Savoie et le Rhône, pour ne citer que les plus importants. A l'étranger et en particulier aux Etats-Unis, nous avons assisté beaucoup plus tôt au démarrage de la lutte dans un certain nombre d'états, et cela uniquement pour éliminer le désagrément de la piqûre des Culicidés. Ce combat n'a pu être mené intelligemment qu'après la définition de certaines règles. La lutte aveugle et désordonnée du début a dû être abandonnée après que l'on se soit aperçu des risques qu'elle faisait courir au milieu naturel.

La destruction des imagos, action aveugle par excellence et s'exerçant sur des surfaces énormes, a été abandonnée ; il lui a été préféré la lutte anti-larvaire beaucoup plus ponctuelle et seulement basée sur la positivité des gîtes. L'épandage des pesticides est ainsi réduit, aussi bien dans le temps que dans l'espace. Cependant, ce procédé exigeait des travaux préalables très importants. Outre l'inventaire des espèces nuisantes, il fallut repérer leur lieu de reproduction. C'est ainsi qu'est née l'idée de levé cartographique des zones susceptibles d'héberger des larves de moustiques. Mais cet aspect statique de la carte n'était pas entièrement satisfaisant, il ne permettait pas, en particulier, de surveiller l'évolution des divers gîtes. Devant le difficile problème posé par la caractérisation des gîtes larvaires, RIOUX (1964), considérant, en reprenant la formule de FLAHAUT, que "la végétation est le miroir du milieu", eut l'idée de l'utiliser comme indicateur biotique et par là même de dresser une carte écologique. La connaissance de la biologie des diverses espèces végétales venait alors introduire cette notion dynamique longtemps recherchée. Il devenait alors possible de suivre l'élément moteur de toute l'évolution culicidienne : il s'agit de la mise en eau des gîtes.

Dans le développement de cette communication après avoir précisé les bases, en particulier, biologiques de la lutte anticulicidienne , nous en viendrons à la méthodologie du relevé cartographique et surtout au mode d'utilisation des cartes ainsi établies.

I.- LES BASES DE LA LUTTE

On ne peut donner un aperçu de la façon de détruire les moustiques sans parler de leur biologie. Elle est l'élément majeur qui permet une lutte judicieuse. Aussi un rappel s'impose qui n'aura pas la prétention d'être une étude exhaustive de la vie de l'insecte.

Il est bon de le replacer dans la systématique en disant qu'il appartient à l'ordre des Diptères. Il est du type suceur-labial ; sa lèvre inférieure, très développée, constitue une trompe. Au moment de la piqûre, les six stylets engainés dans la trompe perforent les téguments du sujet à la recherche d'un vaisseau capillaire dont le sang est alors aspiré. Cet ordre des Diptères groupe plusieurs familles. Les moustiques font partie de celle des Culicides.

Seule la femelle est hématophage ; elle a besoin d'un repas sanguin. Le mâle, beaucoup plus casanier, s'éloigne peu de son gîte de naissance et se nourrit de suc végétal qui constitue également l'alimentation de la femelle. Chez certaines espèces, les stylets de la trompe sont très atrophiés et peuvent même disparaître. Chez la femelle, ce besoin de sang correspond à une nécessité vitale de l'espèce : il permet aux oeufs d'arriver à maturité. On comprendra ainsi qu'avant chaque ponte, la femelle soit obligée de rechercher l'hôte qui lui fournira cet apport. En effet, ce besoin de sang est lié à un choix préférentiel selon les espèces. Ce choix est souvent exclusif : telle espèce ne pique que les batraciens, telle autre les oiseaux, telle autre les mammifères. De nombreuses espèces s'attaquent à l'homme et sont dites anthropophiles. Certaines sont beaucoup plus éclectiques et sont vulnérantes aussi bien pour les hommes que pour les animaux.

Les mâles naissent avant les femelles et attendent sur le gîte l'apparition de ces dernières. La fécondation a lieu dans les jours qui suivent. Les adultes essaiment alors à partir de leur gîte à des distances plus ou moins grandes (de quelques mètres à plusieurs dizaines de kilomètres), en fonction de leur pouvoir de dispersion. Pendant la journée ils se mettent à l'abri de la chaleur, dans des gîtes de repos qui sont soit la végétation, soit les recoins sombres des habitations.

Quant à la pérennité des Culicides, elle est assurée chez certaines espèces, comme le Culex pipiens urbain, de la façon suivante : les femelles hibernent à l'état adulte et dès les premières chaleurs sortent de leur long sommeil hivernal pour déposer leur ponte dans les gîtes dont l'eau atteint une température suffisamment élevée. D'autres espèces, comme le Mansonia, hibernent à l'état larvaire, leur évolution étant considérablement ralentie du fait de la basse température des eaux. Certaines enfin, comme les Aedes, peuvent rester à l'état d'oeuf très longtemps, plusieurs années souvent.

Dans l'agressivité pour l'homme il existe plusieurs degrés. Certaines espèces sont peu vulnérantes alors que d'autres le sont beaucoup plus. Certains moustiques s'attaquent à l'homme à n'importe quel moment de la journée. Cependant, les plus nombreux manifestent le maximum d'agressivité en dehors des heures chaudes et plus particulièrement à la tombée de la nuit ou au lever du jour, le degré hygrométrique de l'air étant beaucoup plus favorable. En outre, certaines espèces piquent à l'intérieur des habitations, comme Culex pipiens, forme autogène : elles sont dites endophiles. D'autres, par contre, ne constituent une nuisance qu'à l'extérieur, comme les Aedes : elles sont exophiles. Enfin certaines s'attaquent à l'homme aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, comme le Mansonia : elles sont dites amphophiles.

Comme tous les Diptères, le moustique est un insecte à métamorphoses complètes. Il passe par quatre stades larvaires et un stade nymphal, avant d'atteindre celui d'insecte parfait ou imago.

Les oeufs sont pondus soit directement dans l'eau, soit sur le sol soumis à submersion. Il existe deux types de ponte : la ponte en nacelle et la ponte isolée. La nacelle comprend un certain nombre d'oeufs agglomérés les uns aux autres. Les nacelles peuvent revêtir une forme particulière selon les espèces (Culex, Mansonia, Culiseta). Dans la ponte isolée, les oeufs sont déposés dispersés sur l'eau et munis de flotteurs latéraux (Anopheles) ou sur un sol simplement humide (Aedes).

Le choix des emplacements de ponte est déterminé par un certain nombre de facteurs : vue, odorat, goût par exemple. Les oeufs pondus en pleine eau éclosent en quelques jours. Lorsqu'ils sont déposés sur un sol humide, ils donnent naissance à des larves quelques heures après la mise en eau du gîte si les conditions requises pour l'éclosion sont réunies. A ce sujet, il faut signaler que les oeufs d'une même ponte, sur sol, n'éclosent pas en même temps et qu'il faut quelquefois plusieurs années pour épuiser cette dernière. Selon l'espèce, les larves du premier stade sortent de l'oeuf soit par un opercule en général apical, soit en déchi - rant la paroi. A leur naissance elles mesurent un millimètre de long et sont à peine visibles. La larve se nourrit de débris organiques en suspension dans l'eau du gîte. La plupart respirent à la surface de l'eau par l'intermédiaire d'un siphon plus ou moins long et plus ou moins épais. Cependant, il y a des exceptions dans ce domaine. Les larves d' Anopheles n'ont pas de siphon. De plus, les larves de Mansonia n'utilisent pas l'air atmosphérique ; elles possèdent un siphon armé qui leur permet de perforer les racines ou les tiges im- mergées des plantes aquatiques et d'utiliser l'air contenu dans les espaces cellulaires de ces dernières. A partir du premier stade que nous venons de voir, la larve subit une succession de mues qui l'amènent au deu- xième, troisième et quatrième stades. A chaque mue,la larve augmente de taille et au quatrième stade elle atteint 5 à 6 millimètres. Une quatrième métamorphose transforme ce dernier stade en nymphe. Larves et nymphes sont en général animées de mouvements plus ou moins vifs se lon les espèces, qui leur permettent de se déplacer du fond du gîte où se trouve leur nourriture,vers la surface où elles viennent puiser l'air atmos- phérique. Une exception est faite pour les larves et nymphes de Mansonia qui vivent fixées à un support qui leur apporte l'oxygène nécessaire.

A l'intérieur de la nymphe, l'insecte parfait s'organise en général rapidement. Arrivée à maturité, la nymphe s'immobilise à la surface de l'eau et l'imago s'en échappe par une déchirure de la face dorsale. Ce dernier sèche en quelques instants porté par l'exuvie nymphale qui lui sert de radeau ; ensuite il déploie ses ailes et s'envole.

De l'éclosion de l'oeuf à l'apparition de l'adulte peut s'écouler un temps variant entre quelques jours et plusieurs mois, en fonction d'un certain nombre d'éléments dont la température de l'eau ; l'eau froide, en particulier, ralentit le métabolisme et l'évolution larvo-nymphale est d'autant plus longue.

Après leur naissance les adultes restent sur leur gîte pendant 2 à 3 jours pour achever leur matura- tion sexuelle. Les femelles sont alors fécondées et partent à la recherche du repas sanguin qui assure la maturité de leurs oeufs. Ainsi sera bouclé le cycle de l'espèce.

Ce rapide prologue biologique nous conduit tout naturellement à envisager les divers moyens de lutte. Dans ce domaine , plusieurs méthodes sont à considérer.

En premier lieu, il faut citer la lutte physique. Elle consiste à supprimer définitivement les gîtes larvaires par des travaux de génie sanitaire, ou mieux encore à prévenir l'apparition de gîtes nouveaux, en veillant à l'observance de certaines prescriptions dans la réalisation des travaux d'urbanisme et de génie civil. Ce procédé est évidemment utilisé dans la mesure du possible, mais il est très onéreux et rencontre souvent des opposants.

Un deuxième moyen est la lutte biologique qui groupe un certain nombre de méthodes dont aucune n'est encore au point à l'heure actuelle. De nombreuses recherches sont faites dans ce domaine dans le monde entier et nous ne ferons qu'énumérer les grands titres de chapitre :

- utilisation des prédateurs larvaires et adultes ;
- lutte bactériologique, utilisant virus, bactéries ou leurs toxines ;
- lutte parasitologique et en particulier emploi de champignons du genre Coelomomyces ;
- enfin lutte génétique qui risque d'être un procédé adopté dans les années à venir. Elle utilise des méthodes modifiant artificiellement le potentiel génétique de l'espèce, soit par procédés physiques (rayons X), soit par produits chimiques (Alkylants). Mais elle peut également être basée sur des incompatibilités génétiques entre diverses races d'une même espèce. Le résultat théorique est une réduction rapide des populations, mais l'application à large échelle dans la nature se heurte à d'énormes difficultés qui sont loin d'être résolues.

Aussi bien sommes-nous obligés de nous cantonner au moins provisoirement aux procédés plus classiques de la lutte chimique. Le procédé s'avère très efficace, bien qu'on lui oppose le leit-motiv de la pollution tant hydrique qu'atmosphérique. Cependant, il faut savoir qu'utilisée convenablement cette lutte est très peu nocive et n'intervient pratiquement pas dans les méfaits qu'on lui reproche.

Le moustique peut être attaqué à deux niveaux : tout d'abord au stade imago, c'est-à-dire dans l'air, et ensuite au stade larvaire, autrement dit dans l'eau.

La lutte chimique anti-adulte ne pouvait, jusqu'aux années 1960, se faire que par épandage de poudre ou émission de brouillard de type fogging sur les énormes surfaces envahies par les imagos. D'emblée on s'aperçoit de l'inconvénient d'une telle méthode. Elle est parfaitement aveugle et, intéressant des superficies énormes, très onéreuse. Un choix ne peut être fait et tout peut être détruit sur des milliers d'hectares. D'autre part,ce procédé nécessite d'importants moyens en général aériens et d'utilisation journalière. Depuis le début de la décade un procédé anti-adulte beaucoup plus simple et moins cher a été mis au point, d'abord en Afrique et ensuite aux Etats-Unis. Il consiste à épandre sous très bas volume des pesticides à forte concentration et cela avec des avions de faible portance et permettant de traiter de grandes surfaces dans un temps très court. Bien que des études aient été faites pour obtenir des esthers phosphoriques de toxicité très faible, on est obligé de constater un certain nombre de méfaits sur la faune ailée. Cette méthode ne peut donc être généralisée et son emploi doit être réservé à des cas bien précis et à de faibles étendues. Cependant elle n'exige aucun préalable ; elle doit être conçue comme un complément du deuxième volet dont nous allons maintenant parler.

La lutte anti-larvaire : dans ce cas, on ne s'adresse qu'aux gîtes de naissance de Culicides et on restreint de manière considérable les risques de pollution, si faibles soient-ils, avec les insecticides actuels. Pour ne citer qu'un exemple, notons que pour la seule région Languedoc-Roussillon, la zone de démoustication s'étend sur 300 000 hectares. Si le premier procédé était le moyen habituel, il serait nécessaire de traiter intégralement cette surface considérable. Or, par la lutte anti-larvaire, seuls 10 000 hectares sont touchés par les interventions des équipes de l'organisme habilité à faire ce travail.

Dès lors on se rend compte de la diminution très importante des risques que peut encourir la nature, puisque sur 300 000 hectares, 290 000 sont intégralement respectés. Cela n'est cependant pas fait pour simplifier la tâche, car on conçoit qu'une structuration opérationnelle très efficace et reposant sur des bases scientifiques précises soit nécessaire.

Ce moyen de lutte s'adresse à toutes les espèces rurales ou urbaines pondant dans l'eau ou sur le sol. Nous laisserons de côté des moyens de destruction qui vont dans ce cas de l'épandage de solutions sous grands

volumes (100 à 150 litres/ha) à l'emploi des produits purs ou à forte concentration sous bas volumes (1 litre/ha). Mais nous insisterons surtout sur la méthode qui permet de réaliser cette lutte.

Pour les espèces vivant dans les points d'eau permanents (Culex, Anopheles, Mansonia), la solution est facile. Il suffit de repérer les gîtes par une prospection soigneuse et de les reporter sur une carte. En effet, dès que leur développement est amorcé, il se poursuit à un rythme régulier et les éclosions se produisent à des intervalles plus ou moins longs selon les espèces. La connaissance de ces règles biologiques suffit à maintenir une action efficace. Pour le Culex, par exemple, on sait très bien que dès le mois de mai jusqu'au mois d'octobre sous les cieux méditerranéens on peut compter sur une éclosion tous les 10 jours en moyenne. Il en est de même pour les Anopheles. Le cycle est donc continu et régulier.

Par contre, pour les Aedes, qui pondent sur les sols humides soumis à submersion, le problème se pose différemment. Si le repérage de tous les gîtes potentiels est relativement facile puisqu'il suffit de noter toutes les zones dépressionnaires, leur mode de fonctionnement est subordonné aux diverses mises en eau.

La surveillance de ces zones doit donc passer par la connaissance précise de la submersion qui peut être de diverses origines : météorologique, inondation par débordement, irrigation, remontée de la nappe phréatique, vent par mobilisation des plans d'eau, etc..

Les traitements ne s'effectueront que sur des gîtes positifs, c'est-à-dire hébergeant des larves. Il fallait trouver une méthode permettant de connaître, rapidement, la manière dont ces gîtes risquaient d'être positifs. Pour ce faire,une seule méthode s'imposait : la cartographie écologique de ces zones. Le chapitre suivant fait le point de l'évolution de sa conception, de sa réalisation et de son utilisation pratique.

II.- LA CARTE ECOLOGIQUE - REALISATION ET UTILISATION

A.— LA NOTION DE NIVEAU

La lutte contre les moustiques est donc essentiellement une lutte anti-larvaire. Pour que cette lutte soit efficace, il est indispensable d'identifier et de cartographier l'ensemble des biotopes larvaires potentiels et de connaître la totalité des gîtes fonctionnels à un moment donné. Le principe de base de cette cartographie est l'établissement de corrélations entre les divers types de groupements végétaux et les espèces culicidiennes qui leur sont inféodées. Le végétal en effet est un intégrateur très précis des facteurs du milieu (caractères pédologiques, conditions d'hydromorphie, d'halomorphie, etc..) et, partant, il traduit des conditions favorables ou défavorables à l'installation des espèces culicidiennes. Une cartographie de type physionomique ne saurait être utilisable, les unités de végétation étant, dans la plupart des cas, liées à des facteurs dont les intervalles de variation sont trop importants et ne constituent un biotope larvaire spécifique de certains Culicides que pour certaines classes d'intensité des facteurs considérés.

Une cartographie essentiellement physionomique a d'abord été entreprise. Bien qu'elle ait pu orienter les premières opérations de lutte anti-larvaire sur le littoral Languedoc-Roussillon, de par la caractérisation des biotopes trop imprécise qu'elle fournit, elle n'a pu être seule retenue. Un premier exemple est fourni par les Phragmitaies du littoral méditerranéen ; elles colonisent tantôt des milieux doux à submersion permanente, tantôt des rivages périodiquement émergés ou encore des zones toujours exondées. Il en est de même pour les Aunaies dont le même type physionomique peut se trouver sur des sols variés dont les potentialités culicidogènes sont différentes.

Le problème se pose de la même manière pour la méthode phytosociologique. Nous citerons simplement le cas des associations forestières qui constituent un cadre écologique trop vaste. Ainsi par exemple, si on fait un profil topographique dans un Querceto-Carpinetum, on constate qu'il existe des bas-fonds à

immersion durable, des parties légèrement dépressionnaires à immersion de plus courte durée et des parties plus hautes non soumises à l'immersion. On peut distinguer dans ce cas trois éléments de l'association dont chacun présente une composition floristique qui lui est propre et qui correspond à des conditions écologiques bien définies. Seuls les deux premiers constituent des gîtes potentiels.

Ainsi nous avons été conduits à opter pour une méthode où l'analyse floristique est menée parallèlement à une analyse écologique faisant intervenir des critères faunistiques, et nous avons distingué des unités de végétation correspondant à des conditions écologiques homogènes. Ces unités ont été appelées niveaux. " 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 ". Le niveau est caractérisé par un type de sol, par des conditions d'hydromorphie plus ou moins marquées, par un cortège floristique de composition et de structure homogènes et par certaines espèces culicidiennes qui lui sont inféodées. L'inventaire de la faune annexe et une étude plus poussée des caractéristiques physico-chimiques de l'eau complèteront ultérieurement l'analyse du niveau.

a. Les caractères pédologiques Ils jouent un rôle essentiel, d'abord par la composition granulométrique qui détermine la durée d'immersion et la possibilité d'installation des larves ; ensuite et surtout par les substances chimiques qui diffusent dans l'eau de submersion. Enfin dans la localisation des Aedes , dont le sol est le gîte de ponte, ils peuvent être considérés comme le facteur principal.

b. Les conditions d'hydromorphie Chacun des niveaux correspond à des caractéristiques particulières de la nappe phréatique (profondeur moyenne, amplitude de variation) et, partant, possède une probabilité plus ou moins grande de mise en eau, c'est-à-dire de fonctionnement.

c. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau L'eau du gîte est un des éléments fondamentaux du niveau puisqu'il constitue le milieu où vivent les larves. Sa composition chimique conditionne la ponte de la totalité des espèces, à l'exception d' Aedes. Il existe en effet des Culicides dulçaquicoles, semi-halophiles, halophiles.

d. La végétation Elle influence fortement la répartition des espèces culicidiennes :

- par la physionomie du groupement qui détermine le microclimat (espèces vivant de préférence dans les mares ensoleillées ou en sous-bois) ;
- par le recouvrement de la strate herbacée, ménageant de plus ou moins grandes surfaces favorables aux déplacements des larves ;
- par le rôle de support que certaines espèces (Typha, Phragmites) jouent pour le genre Mansonia ;
- par l'apport de matière organique ; ainsi les feuilles se décomposant au fond du gîte influencent les caractéristiques physico-chimiques de l'eau ;
- par le rôle de gîte de repos, de couloir de déplacement que constituent les formations forestières ou herbacées pour les imagos.

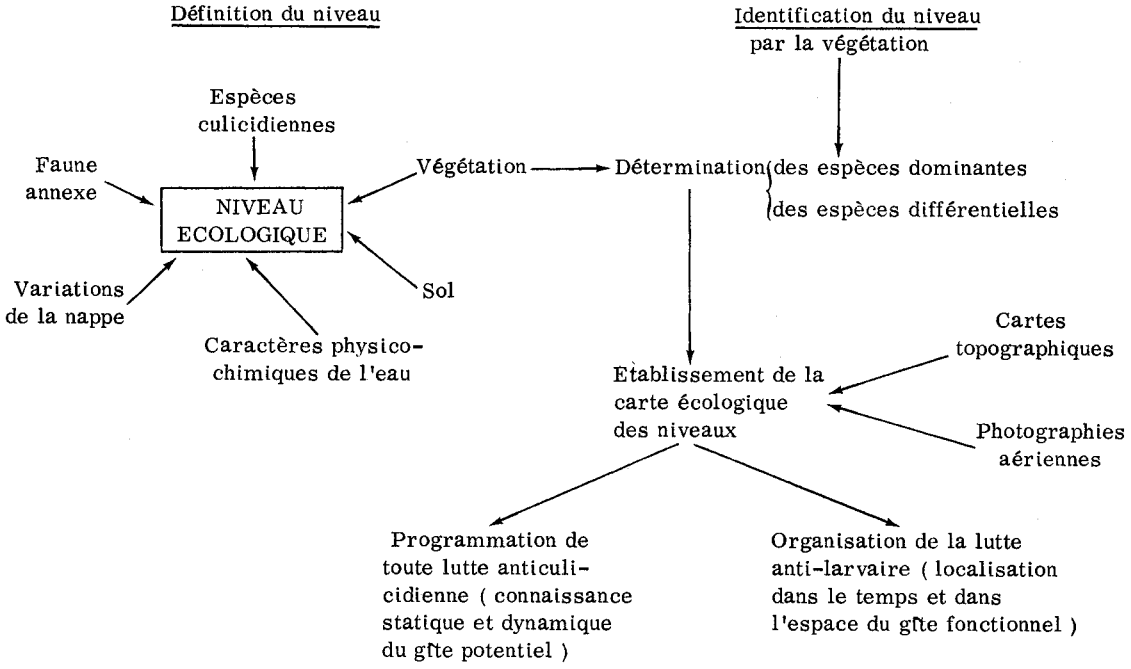
e. Les espèces culicidiennes L'inventaire des espèces culicidiennes inféodées à chacun des niveaux est effectué, ainsi qu'un échantillonnage, afin d'évaluer le pourcentage des différents Culicides de l'association.

f. La faune annexe Son analyse doit compléter l'étude du niveau. La découverte d'espèces indicatrices vivant en association avec certains Culicides et spécifiques de conditions écologiques bien déterminées serait du plus grand intérêt. Enfin la connaissance de la faune compagne permet de suivre l'évolution des populations animales sous l'influence des traitements.

En conclusion, on peut dire que le niveau est caractérisé par des conditions écologiques homogènes permettant l'installation d'une communauté biologique comportant des oeufs et des larves de Culicides. Il

constitue l'unité élémentaire de la cartographie. La dénomination et le repérage du niveau se font grâce aux espèces végétales dominantes et aux espèces différentielles, c'est-à-dire présentes dans un niveau et ab - sentes du niveau supérieur ou inférieur. Suivant les conditions géographiques, géomorphologiques et éda - phiques, on peut distinguer plusieurs gradations de niveau correspondant à un gradient d'halophilie et d'humidité décroissant (gradation sur sol argilo-limoneux sur terrains salés, par exemple, etc..).

Le concept de niveau est très proche de celui de tessera que DUVIGNEAUD a proposé comme unité élémentaire d'un écosystème, chaque tessera étant constituée par une végétation homogène, sur un sol homo- gène ; chaque écosystème est constitué d'un certain nombre de tesseras de surface et de volume variables qui s'organisent en mosaïque. Dans la notion de niveau intervient de plus l'analyse de la faune, ce paramètre étant fondamental pour définir les contours des unités cartographiques.



Etablissement des niveaux

Les niveaux sont définis à partir d'une étude écologique aussi complète que possible. L'inventaire floristique est effectué par des relevés phytosociologiques (type BRAUN-BLANQUET, 1951) et par des tran- sects en milieu homogène et en milieu hétérogène. Afin de disposer de données quantitativement précises, on opère sur une bande plus ou moins large qui est partagée en carrés, faisant chacun l'objet d'un relevé complet. Les profils pédologiques sont ceux d'un type préconisé par DUCHAUFOUR (1968). A chaque mise en eau on pratique un prélèvement de larves pour analyse de la population culicidienne.

B.— REALISATION DE LA CARTE ECOLOGIQUE

a. Echelle Le 1/5 000 est l'échelle qui paraît le mieux convenir, tant pour les gîtes larvaires de plusieurs centaines d'hectares que pour la petite dépression de quelques mètres carrés. Dans certains cas cependant, pour des zones très étendues à topographie monotone où une prospection fine n'est pas justifiée (plaine de la Saône, marais de la Gironde) ou encore lorsqu'une synthèse est nécessaire dans le cas d'une étude dynamique des eaux, une échelle plus petite peut être retenue, le 1/25 000 par exemple.

b. Choix des couleurs Les milieux saumâtres à forte concentration en chlorures ont été repré - sentés en rouge (longue période de submersion) et orangé (période de submersion plus courte). Pour les milieux faiblement saumâtres ont été retenus le violet (longue période de submersion) et le mauve (période de submersion plus courte). Enfin pour les milieux d'eau douce, les bleu, vert et jaune correspondent à des biotopes à période de submersion décroissante.

Certains symboles sont utilisés en surcharge dans le cas où les conditions physico-chimiques étant homogènes on note certaines variations remarquables de la composition floristique (facteurs biotiques) ainsi que dans le cas où des variations sensibles des conditions écologiques ne justifient pas la création d'un niveau (faciès). Ces symboles apportent une précision supplémentaire et multiplient les possibilités d'expression sans toutefois nuire à la clarté de la carte.

c. Dessin de la maquette La rédaction de la maquette se fait par une exploitation des photographies aériennes au 1/5 000 et des cartes topographiques établies à la même échelle par stéréophotogrammétrie.

C.— ZONES D'ISO-SUBMERSION

Si la carte écologique permet de connaître la superficie totale des gîtes potentiels et leur emplacement précis, elle n'est pas suffisante pour organiser rationnellement la lutte anti-larvaire.

Des niveaux de même type ne recèlent pas toujours des larves de façon synchrone. Ces anomalies apparentes s'expliquent par le fait que dans les différentes parties d'une plaine alluviale, il existe plusieurs vecteurs responsables de l'alimentation de la nappe. Ainsi par exemple on concevra aisément que deux niveaux de même type soient immergés l'un par les eaux pluviales, l'autre par débordement d'un cours d'eau . Dans le premier cas, la période d'immersion dépend de la pluviosité locale, dans le second cas elle dépend du régime du cours d'eau qui est lié aux conditions écologiques de l'ensemble de son bassin versant. Il peut en être de même dans le cas d'une différence qualitative de la mise en eau. Ainsi deux niveaux de même type pourront être submergés l'un par de l'eau douce d'origine pluviale, l'autre par de l'eau saumâtre d'origine lagunaire ou marine, ce qui se traduit par des différences dans le phénomène des éclosions. On peut pallier cet inconvénient en distinguant les zones de mise en eau ayant chacune un régime propre de la nappe, responsable des rythmes d'assèchement et d'immersion des niveaux. Chaque zone constitue un ensemble fonctionnel autonome, regroupant un certain nombre de niveaux.

Le plus souvent la topographie permet à elle seule la délimitation des zones d'iso-submersion. Cependant dans les plaines alluviales, où l'alimentation des nappes phréatiques dépend de plusieurs facteurs (pluviosité, cours d'eau, résurgences), l'étude du régime des nappes s'impose. D'autre part,dans le cas où le vent influence la mise en eau (lacs ou étangs de grande superficie), leur délimitation est plus délicate et doit faire intervenir la direction des vents dominants.

Certains niveaux écologiques ne se rencontrent que dans une seule catégorie de zone d'iso-submersion ; d'autres sont présents dans plusieurs mais peuvent y occuper des positions différentes. Au sein de chaque ensemble les niveaux de même type sont immergés de façon pratiquement simultanée et les apparitions larvaires ont lieu de façon synchrone.

D.— UTILISATION DE LA CARTE ECOLOGIQUE

La carte écologique ne peut etre utilisée avec efficacité que si on a,au préalable,défini les différentes zones d'iso - submersion et les différentes gradations de niveaux.

Elle intervient d'abord dans la programmation de toute lutte physique, chimique ou biologique. Cette opération nécessite , en effet, la connaissance de la superficie des gîtes larvaires potentiels pour chaque Culicide, indication qui est tirée de la carte par simple planimétrie.

Au niveau de la lutte proprement dite, la carte écologique n'a jusqu'à présent été utilisée que dans l'application de la méthode de lutte chimique anti-larvaire. Elle permet,en effet,la délimitation des zones hébergeant des larves, mais par un processus différent suivant le groupe considéré. Nous distinguerons le contrôle des Culicides pondant sur l'eau de celui des Aedes pondant sur sol humide. Le gîte larvaire des premiers est constitué , en général, par des plans d'eaux permanents ou semi-permanents. La principale indication nécessaire à leur prospection est la connaissance du gîte potentiel ; elle est donnée par la simple lecture de la carte. On se bornera donc, durant la période d'évolution de tel moustique, au contrôle systématique de son gîte potentiel et à le définir comme étant positif ou non. Bien plus complexe est le cas des Aedes dont l'éclosion se produit après la submersion du gîte de ponte, parfois quelques heures seulement après la mise en eau, et dont l'évolution très rapide peut se dérouler en moins de six jours. Il importe donc pour ces Culicides de connaître dans les meilleurs délais les zones nouvellement submergées.

La carte intervient alors pour les trois phases de la lutte anti-larvaire.

a. Prévision Une prévision des mises en eau est possible dans certains cas, si on dispose d'une part de données précises sur le vecteur de mise en eau : pluviosité locale, variations des débits des différents cours d'eau, régime des marées, et d'autre part si on connaît la profondeur de la nappe dans les différents niveaux. Ces informations sont obtenues grâce à l'installation de pluviomètres, limnigraphes, échelles, piézomètres, dans des stations de référence. Ainsi, pour la zone d'iso-submersion du Rhône, on a pu obtenir des résultats très intéressants en ce domaine.

b. Constatations des mises en eau Le plus souvent,par contre, à l'intérieur des biotopes larvaires continentaux et plus encore sur le littoral maritime, les fluctuations de la nappe sont dues à l'action combinée d'un tel nombre de facteurs que la prévision est tout à fait illusoire et que les constatations de la mise en eau effective est seule possible.

Nous ne citerons qu'un seul exemple, celui d'une zone d'iso-submersion située en piedmont et en bordure d'un étang communicant avec la mer ; sa mise en eau pourra dépendre à la fois : d'une précipitation avec ses conséquences indirectes, le ruissellement sur les reliefs voisins, d'une montée du niveau de la mer, de l'action des vents sur l'étang dont l'effet varie avec leur direction et leur force, et enfin de la température agissant directement sur l'évaporation.

On conçoit aisément que les surfaces nouvellement submergées soient plus ou moins grandes suivant l'intensité du ou des différents facteurs intervenant. Il est donc nécessaire, à chaque mise en eau et pour chaque zone d'iso-submersion, de limiter avec précision la zone intéressée au sein de laquelle les niveaux écologiques fonctionneront de façon synchrone. Connaissant d'une part le niveau de l'eau avant l'événement, d'autre part le niveau atteint après, on en déduit par la simple lecture de la carte les surfaces nouvellement inondées.

Enfin nous remarquerons que les zones nouvellement inondées ne sont pas nécessairement le siège d'éclosions d' Aedes ; la mise en eau est , en effet, une cause nécessaire mais non suffisante. Une prospection de ces surfaces est donc indispensable, elle permet de définir pour chaque zone d'iso-submersion le ou les niveaux écologiques positifs.

c. Epandage d'insecticides La carte permet de juger de l'opportunité et de l'urgence d'un traitement, en fonction des possibilités d'écoulement des eaux, et de déterminer les secteurs prioritaires où l'intervention doit être immédiate. Elle permet ainsi d'organiser la campagne de traitements en fonction des moyens disponibles.

CONCLUSION

Le travail que nous présentons constitue à notre connaissance un des premiers exemples d'étude écologique appliquée à la lutte contre une espèce déterminée.

Avant cela, des recherches ont été réalisées dans le but de mettre sur pied une méthode de destruction du Criquet pélerin dans les zones où il intervient pour diminuer la part, déjà très faible, de la ration alimentaire humaine : Inde, Pakistan, Iran. Une carte a été également réalisée, basée sur le principe de l'utilisation du tapis végétal, en vue de la localisation des lieux de ponte.

En ce qui nous concerne, nous avons essayé de définir une méthode permettant non seulement le repérage des gîtes larvaires à Culicides, mais également de connaître la manière dont ils fonctionnent. Nous pensons qu'il est important de souligner cette caractéristique qui se présente sous un double aspect.

a. Un aspect statique La carte levée, selon la méthode que nous avons définie, permet,en effet,le repérage des gîtes larvaires et également leur délimitation. Ces éléments sont primordiaux. Nous pensons que le deuxième aspect est au moins aussi important au plan pratique.

b. Un aspect dynamique Connaissant les conditions du milieu, nous pouvons prévoir les zones qui sont susceptibles d'héberger des larves et les espèces culicidiennes qui peuvent s'y installer. Par la suite, la mise en eau est suivie tant quantitativement que qualitativement ; nous pensons que ces observations effectuées de façon systématique permettront d'expliquer les processus physico-chimiques responsables de l'éclosion. Enfin, il ne fait aucun doute qu'une telle méthodologie est applicable à l'étude de bien d'autres espèces animales et pas seulement dans le but de les détruire, mais aussi dans celui de les étudier et, pourquoi pas , de les aider à survivre dans l'ère difficile que nous traversons.

BIBLIOGRAPHIE

AÏN, G. et PAUTOU, G. (1969).- Etude écologique du marais de Lavours (Ain).- Doc. Carte Vég. Alpes, VII, 25-64.

AÏN, G., PAUTOU G. et VIGNY, F. (1969).- Documents pour l'utilisation de la carte écologique dans la lutte contre les moustiques du genre Aedes de la région Rhône-Alpes.- Doc. Carte Vég. Alpes, VII, 65-72.

BEADLE L.D. (1966).- Epidermics of mosquito-borne encephalitis in the United States.- 1900-1965, Mosq. News, 26, 4, 483-486.

BEADLE, L.D., MONZIES, G.L., JAGES, G.R. Jr., VON ZUBEN, F.J. Jr., EADS, R.B. (1957).- Saint-Louis encephalitis in Hidalgo country, Texas. Vector evoluation and control.- Publ. Hl th.- Serv. Rep., 72, 6, 531-535.

BENETEAU, G. et CORILLON, R. (1967).- Carte de la Végétation de la France.- Toulouse, C.N.R.S.

BOND, J.O., QUICK, D.T., WITTE, J.J. (1965).- The 1962 epidemic of Saint-Louis encephalitis in Florida.- Amer. J. Epidemiology, 81, 3, 392-400.

BRAUN-BLANQUET, J., EMBERGER, L. et MOLINIER, R. (1947).- Instructions pour l'établissement de la carte des groupements végétaux.- Paris, C.N.R.S., 41-42.

BRAUN-BLANQUET, J., ROUSSINE, N. et NEGRE, R. (1951).- Les groupements végétaux France - Méditerranéenne.- Paris, C.N.R.S., 297 p.

CALLOT, J. et RIOUX, J.A. (1965).- Liste sommaire des Culicides en France.- Ann. parasitol. hum. et comp., 40, 242-245.

CAMEFORT, Y. (1970).- Etude écologique des Culicides de la Forêt de Bouconne.- Univ. Toulouse, Thèse 3e cycle, 87 p.

CORRE, J.J. (1961-62). - Une zone de terrains salés en bordure de l'étang de Mauguio. Etude du milieu et de la végétation. - Bull. Serv. Carte Phytogéogr., série B, 6 (2), 105-151, et 7 (1), 11-48

COUSSERANS, J., GABINAUD, A., SIMONNEAU, P., SINEGRE, G. (1969). - Les bases écologiques de la démoustication. Méthodes de réalisation et d'utilisation de la carte phyto-écologique. - Vie et Milieu, série C, XX, fasc. 1 C, 1-20

DUVIGNEAUD, P., AMBROES, P. (1969). - Productivité primaire des forêts tempérées d'essences feuillues caducifoliées en Europe occidentale. - Colloque sur la productivité des Ecosystèmes forestiers dans le monde. - Bruxelles, 27-31 octobre, 26 p.

DUCHAUFOUR, Ph. (1968). - Précis de Pédologie. - Paris, Masson.

ELTON, W.W. (1952). - Yellow fever in Panama historical and contemporary. - Amer. J. Trop. Méd. Hyg., 1, 3, 436-456.

FLAHAUT, C. (1937). - La distribution géographique des végétaux de la région Méditerranéenne Française. - Paris, Encyclopédie biologique.

FOURNIER, P. (1946). - Les Quatre Flores de France, Corse comprise. - Paris, Lechevalier.

GILOT, B. (1968). - Introduction à l'écologie des Culicidae de la région grenobloise. Etude de "chorologie verticale". - Univ. Grenoble, Thèse Médecine.

GOLVAN, J.J. et RIOUX, J.A. (1963). La peste, facteur de régulation des populations de mérious au Kurdistan iranien. - Terre et Vie, 1, 3-34.

GOUNOT, M. (1961). - Les méthodes d'inventaire de la végétation. - Bull. Serv. Carte Phytogéogr., série B, 6, 7-75.

HARANT, H., ATISSO, M. et RIOUX, J.A. (1953). - Sur l'écologie des Diptères Culicidés. III - Les espèces limnodendrophiles et leurs biotopes. - C.R. Soc. Biol., 144, 1626-1631.

MAS, J.P. (1971). - Etude phyto-écologique des aires culicidiennes de l'Ile de Ré. - Thèse d'Université, Bordeaux.

MOUTTAPA, F. - La Forêt de Bouconne. Relation entre le sol et la végétation. - Bull. Serv. Carte Phytogéogr., A, VI, 5 - 43.

O.M.S. (1967). - L'écologie des Moustiques. Rapport d'un groupe scientifique de l' O.M.S. - Sew. rapp. techn., 368, 24.

PAUTOU, G. (1971). - Un essai d'écologie appliquée. La démousti cation de la région Rhône-Alpes. - Univ. Grenoble, Lab. Biol. Vég., 63 p.

POPOV, G.B. (1958). - Ecological Studies on oviposition by Swarms of the desert locust (Schistocerca - Gregaria Forsk.) in Eastern Agrica. - Anti-Locust Bull., 31, 70 p.

POPOV, G.B., ZELLER, W. (1963). Prospection écologique. Mission dans la péninsule arabique. - Rome, oct., rapport F.A.O., n° UNSF/DL/ES/6.

POPOV, G.B., ZELLER, W., COCHEME, J. (1963-64). - Prospection écologique. Rapport sur les études faites en Inde, Pakistan et Iran. - Rapport F.A.O., n° UNSF/DL/ES/7.

RAGEAU, J., MOUCHET, J., ABONNENC, E. (1970). - Répartition géographique des moustiques (Diptera : Culicidae) en France. - Cah. O.R.S.T.O.M., Serv. Ent. Méd. Parasit., (8), 289-317.

RIOUX, J.A. (1958). - Les Culicides du Midi méditerranéen. - Paris, Lechevalier.

RIOUX, J.A., CROZET, H., GRAS, G. et JUMINER, B. (1964). - Priorité aux méthodes anti-larvaires dans la lutte contre les Aedes halophiles en Languedoc-Roussillon (principes généraux et logistique). - Arch. Inst. Pasteur Tunis, XLI, 3/4, 385-396.

RIOUX, J.A., CROZET, H., CORRE, J.J., SIMONNEAU, P. (1967). - Les bases phyto-écologiques de la lutte anticulicidienne dans le Midi méditerranéen. - Arch. Inst. Pasteur, Tunis, 44, 429-442.

RIOUX, J.A., CROZET, H., CORRE, J.J., SIMONNEAU, P., GRAS, G. (1967). - Les bases phyto-écologiques de la lutte anticulicidienne. Cartographie des biotopes larvaires, ses applications opération - nelles dans le Midi méditerranéen. - Ann. Parasit. hum. et comp., 42, 6, 665-680.

ZELLER, W. (1963). - Les principes de l'écologie végétale. Troisième cours en matière de lutte anticulicidienne, Pakistan. - Rapport F.A.O., n° UNSF/DL/TC/6.

NIVEAUX ÉCOLOGIQUES DU LITTORAL MÉDITERRANÉEN ET DE LA CORSE

ESPECES DOMINANTES	ESPECES COMPAGNES	TYPE DE SOL	TYPE DE GITE	DUREE DE SUBMERSION	ESPECES CULICIDIENNES	APPARTENANCE PHYTOSOCIOLOGIQUE
Agropyrum acutum	Inula viscosa Juncus maritimus Obione portulacoïdes Phragmites communis Salicornia fruticosa Plantago crassifolia Schoenus nigricans Limonium vulgare Spartina versicolor Sueda fruticosa	Limoneux, limono-sableux, très sec pendant l'été	Gîte de bord de mer, de bord d'étang intérieur	1 mois	Aedes caspius Aedes detritus	Agropyretum-trifolietum maritimi
Spartina versicolor	Juncus maritimus Schoenus nigricans	Limono-sableux, sablo-limoneux	Gîte de piedmont-bord de mer	5 à 9 mois	Aedes caspius Aedes detritus Culiseta subochrea	Schoeneto-Plantagine-tum crassifoliae ss. as. spartinetosum
Glyceria festucaeformis	Salicornia fruticosa Salicornia radicans Obione portulacoïdes Arthrocnemum glaucum (forme prostrée) Limonium virgatum Limonium vulgare Limonium bellidifolium	Sablo-limoneux	Gîtes de bord de mer, de bord d'étang ; gîte intérieur	1 à 2 mois	Aedes caspius	Salicornietum fruticosae ss.as. Staticetosum
Festuca arundinacea	Agropyrum acutum		Gîte intérieur	1 mois	Aedes caspius	Gaudinieto-arrhenathe-retum
Schoenus nigricans	Juncus maritimus Juncus acutus Spartina versicolor Plantago crassifolia Erianthus ravennae Molinia coerulea	Sablo-limoneux faiblement saumâtre	Gîte de bord de mer ; gîte de bord de mer et de piedmont	1 à 6 mois suivant faciès	Aedes caspius Aedes detritus Anopheles maculipennis Culex modestus	Schoeneto-Plantagine-tum crassifoliae ss. as. Plantaginetosum
Juncus maritimus	Salicornia herbacea Scirpus maritimus Aeluropus littoralis Phragmites communis Triglochin maritimum Cyanophycées	Sablo-limoneux, toujours humide, faiblement saumâtre	Gîte de bord d'étang ; gîte de piedmont	8 à 10 mois	Aedes caspius Aedes detritus Anopheles maculipennis Anopheles algeriensis Culex modestus	Junceto-Triglochine-tum maritimi
Juncus subulatus Aeluropus littoralis	Salicornia fruticosa Salicornia radicans Juncus Gerardi Juncus maritimus Scirpus maritimus	Solontchaks limoneux à limono-sableux submergés en hiver, très secs en été	Gîte de piedmont	6 à 8 mois	Aedes caspius Anopheles maculipennis Culex modestus	Salicornietum frutico-sae, ss.as. Junceto-sum subulati
Juncus Gerardi	Juncus subulatus Triglochin maritimum Alopecurus bulbosus Plantago Cornuti Carex divisa	Sablo-limoneux légèrement saumâtre	Gîte intérieur	4 à 6 mois	Aedes caspius	Junceto-Triglochinetum maritimi ss.as. Triglochine-tosum
Scirpus maritimus	Phragmites communis Juncus subulatus Juncus maritimus Aeluropus littoralis Arthrocnemum glaucum Ruppia maritima	Sol à texture fine saumâtre	Gîte intérieur ; gîte de bord d'étang	8 à 10 mois	Aedes caspius Aedes detritus Culiseta subochrea Anopheles maculipennis Culex modestus	Scirpetum maritimi
Phragmites communis	Scirpus maritimus Juncus maritimus	Sol tourbeux faiblement saumâtre	Gîte intérieur ; gîte de bord d'étang	8 à 10 mois	Aedes caspius Culiseta subochrea Anopheles maculipennis Culex modestus	Scirpeto-Phragmitetum mediterraneum
Phragmites communis Scirpus lacustris Scirpus littoralis Cladium mariscus	Phragmites gigantea Typha angustifolia Typha latifolia Rumex hydrolapatum Iris pseudacorus Characées	Sol généralement tourbeux à texture variable, doux ou très faiblement saumâtre	Gîte de bord d'étang ; gîte influencé par eau douce	11 à 12 mois	Anopheles maculipennis Culex modestus Mansonia richiardii	Scirpeto-Phragmitetum mediterraneum
Typha latifolia Typha angustifolia	Phragmites communis	Sol vaseux doux ou très faiblement saumâtre	Gîte intérieur	11 à 12 mois	Mansonia richiardii Anopheles maculipennis Culex modestus	Scirpeto-Phragmitetum mediterraneum
Salicornia herbacea	Sueda maritima Salsola soda Salicornia fruticosa	Solontchaks jeunes limono-argileux très chlorurés	Gîte intérieur ; gîte de bord d'étang	4 à 8 mois	Aedes caspius Aedes detritus	Suaedeto-Kochietum hirsutae
Salicornia fruticosa	Arthrocnemum glaucum Salicornia radicans Salicornia herbacea Aeluropus littoralis Juncus subulatus Juncus maritimus Phragmites communis	Solontchaks jeunes limoneux à limono-argileux, riches en chlorures	Gîte intérieur ; gîte de bord d'étang ; gîte de bord de mer	3 à 9 mois	Aedes caspius Aedes detritus	Salicornietum fruticosae
Salicornia radicans	Salicornia fruticosa Arthrocnemum glaucum Aeluropus littoralis	Solontchaks limoneux à limono-sableux très chlorurés	Gîte de bord de mer ; gîte de bord d'étang saumâtre	7 à 10 mois	Aedes caspius Aedes detritus	Salicornietum radicantis
Arthrocnemum glaucum (forme érigée)	Salicornia radicans Salicornia fruticosa Cyanophycées	Solontchaks limoneux à limono-sableux très chlorurés	Gîte de bord de mer	7 à 10 mois	Aedes caspius Aedes detritus	Arthrocnemetum
Arthrocnemum glaucum (forme prostrée)	Salicornia fruticosa Obione portulacoïdes Lepturus filiformis Hordeum maritimum	Solontchaks limono-sableux très chlorurés	Gîte de bord de mer ; gîte intérieur fermé			Arthrocnemetum
Obione portulacoïdes	Salicornia fruticosa Glyceria festucaeformis Lepturus filiformis Agropyrum acutum	Solontchaks limono-sableux chlorurés	Gîte de bord de mer ; gîte de bord d'étang ; gîte intérieur	1 à 2 mois	Aedes caspius	Salicornietum fruticosae ss.as. staticetosum
Helosciadium crassipes Phalaris arundinacea Oenanthe fistulosa Phragmites communis Scirpus palustris	Iris pseudacorus Alisma plantago Cyperus badius Lythrum salicaria Juncus obtusiflorus Althaea officinalis Carex elata Carex acutiformis Carex riparia Scirpus maritimus	Sols doux à texture grossière, riches en matière organique	Gîtes intérieurs	7 à 9 mois	Aedes caspius Aedes vexans Aedes rusticus Anopheles maculipennis Culex modestus Culiseta subochrea	Caricetum elatae
Alnus glutinosa	Fraxinus oxycarpa Ulmus campestris Populus alba Populus nigra Salix cinerea Carex riparia Iris pseudacorus	Sol tourbeux à gley	Gîte intérieur	5 à 9 mois	Aedes rusticus Culiseta annulata Culiseta subochrea	Alneto-Ulmion

NIVEAUX ÉCOLOGIQUES DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES

ESPECES DOMINANTES	ESPECES COMPAGNES	TYPE DE SOL	TYPE DE GITE	DUREE DE SUBMERSION	ESPECES CULICIDIENNES	APPARTENANCE PHYTOSOCIOLOGIQUE
NIVEAUX AQUATIQUES						
Niveau à Nymphaea alba **1**	Nuphar luteum Potamogeton natans Potamogetum lucens Myriophyllum spicatum		Plan d'eau Etang	Eaux permanentes (hauteur d'eau dépassant 2 m)	Anopheles maculipennis	Myriophyllo-Nupharetum
Niveau à Scirpus lacustris et Phragmites communis **2**	Faciès de transition avec 1		Plan d'eau Etang		Anopheles maculipennis	Scirpeto-Phragmitetum
	Faciès à Typha latifolia Equisetum limosum Iris pseudacorus		Etang Lac Fossé	Eaux permanentes riches en matière organique	Anopheles maculipennis Culex territans Culiseta morsitans Culiseta annulata Mansonia richiardii	
Niveau à Helosciadium nodiflorum **3**	Sparganium ramosum Callitriche vernalis Veronica beccabunga		Fossé alimenté par des eaux de résurgence	Eaux permanentes riches en sels minéraux	Anopheles claviger Culex territans Culiseta annulata Culiseta morsitans	Helosciadetum
NIVEAUX A INONDATIONS TEMPORAIRES SUR ALLUVIONS ARGILEUSES OU LIMONEUSES						
Niveau à Phragmites communis **4**	Lythrum salicaria Lysimachia vulgaris Convolvulus sepium Carex acutiformis	Sol à gley superficiel avec anmoor	Marais	Assèchement exceptionnel et de courte durée (15 j. au maximum)	Anopheles maculipennis Anopheles claviger Culex territans Culex pipiens Dans certains cas : Aedes	Non défini, à rattacher au Magnocaricion
Niveau à Phragmites communis et Carex **5**	Scutellaria galericulata Senecio paludosus Lycopus europaeus Lysimachia vulgaris Galium palustre Lythrum salicaria Stachys palustris Variante à Carex elata Variante à Carex acutiformis	Sol à gley superficiel à anmoor	Marais	Périodes d'assèchement pouvant atteindre 1 à 2 mois	Aedes rusticus A. cantans-annulipes A. refiki A. cataphylla A. excrucians A. vexans A. sticticus A. cinereus Anopheles maculipennis Anopheles claviger Culiseta annulata Culex territans	Magnocaricion (Caricetum elatae, Caricetum gracilis var. à Carex acutiformis)
Niveau à Carex acutiformis et Valeriana officinalis **6**	Thalictrum flavum Sanguisorba officinalis Senecio paludosus Mentha aquatica Gratiola officinalis Ranunculus repens Lychnis flos cuculi	Sol à gley moyen à mull ou hydromull	Prairie hygrophile de fauche	Alternances de périodes d'assèchement et de mise en eau (mises en eau pouvant durer 2 à 3 mois)	Aedes vexans A. sticticus A. cinereus A. cantans-annulipes A. rusticus A. excrucians Culex pipiens Culiseta annulata	Caricetum gracilis var. à Carex acutiformis
Niveau à Ranunculus repens et Lysimachia nummularia **7**	Potentilla reptans Gratiola officinalis Achillea ptarmica Mentha aquatica Centaurea jacea Genista tinctoria Trifolium pratense Plantago lanceolata Leucanthemum vulgare Faciès sec à Galium verum, Ononis repens, Daucus carota Dactylis glomerata	Sol à gley moyen	Prairie humide de fauche	Durée des mises en eau limitée , ne dépassant pas 1 mois ou 1 mois et demi	Aedes cantans -annulipes A. vexans A. sticticus A. cinereus Culiseta morsitans	Deschampsietum coespitosae
NIVEAUX SUR SOL TOURBEUX						
Niveau à Carex elata et Filipendula ulmaria **8**	Scutellaria galericulata Peucedanum palustre Thalictrum flavum Lathyrus palustre Senecio paludosus Valeriana officinalis Lythrum salicaria Lysimachia vulgaris Symphytum officinale Epipactis palustris	Sol tourbeux riche en éléments minéraux	Marais	Périodes d'assèchement de courte durée (ne dépassant pas 1 mois)	Culiseta morsitans Anopheles claviger Aedes en faible densité A. rusticus A. cantans-annulipes A. vexans A. sticticus A. cinereus	Caricetum elatae
Niveau à Carex elata et Hydroctyle vulgaris **9**	Lysimachia vulgaris Lythrum salicaria Senecio paludosus Valeriana officinalis Potentilla tormentilla Serratula tinctoria Succisa pratensis Menyanthes trifoliata Parnassia palustris	Sol tourbeux bien équilibré quant à la richesse en matière organique et en argile	Marais	Périodes d'assèchement de courte durée (15 à 20 j.)	Culiseta morsitans Anopheles claviger Aedes refiki A. excrucians A. cantans-annulipes A. cinereus	Caricetum elatae
Niveau à Carex elata et Molinia coerulea **10**	Peucedanum palustre Lythrum salicaria Lysimachia vulgaris Juncus articulatus Carex panicea Carex lepidocarpa Ranunculus flammula Juncus subnodulosus	Sol tourbeux riche en matière organique (tourbe mésotrophe)	Dépressions dans les prairies de fauche à Molinie (lanche)	Périodes d'assèchement de 1 à 2 mois	Aedes refiki A. excrucians A. cinereus Culiseta morsitans Culiseta annulata Anopheles maculipennis	Caricetum elatae

ESPECES DOMINANTES	ESPECES COMPAGNES	TYPE DE SOL	TYPE DE GITE	DUREE DE SUBMERSION	ESPECES CULICIDIENNES	APPARTENANCE PHYTOSOCIOLOGIQUE
Niveau à Cladium mariscus 11	Lythrum salicaria Lysimachia vulgaris Hydrocotyle vulgaris Mousses (Scorpidium, Campylium, Drepanocladus)	Sol tourbeux (tourbe à fort pourcentage de matière organique)	Marais	Périodes d'assèchement de courte durée (15 j. à 1 mois)	Culiseta morsitans Anopheles claviger Faible densité des Aedes A. refiki A. excrucians A. cinereus	Mariscetum serrati
Niveau à Schoenus nigricans Molinia coerulea et Juncus subnodulosus 12	Niveau correspondant à des conditions intermédiaires entre les niveaux 10 et 11 et les prairies à Molinia coerulea				Culiseta morsitans Aedes cinereus et sporadiquement espèces des niveaux 10 et 11	Groupement intermédiaire entre le Mariscetum serrati ou le Caricetum elatae et le Molinietum medioeuropaeum
NIVEAUX FORESTIERS DES ZONES MARECAGEUSES						
Niveau à Salix cinerea et Alnus glutinosa 13	Viburnum opulus Carex riparia Carex acutiformis Carex elata Caltha palustris Solanum dulcamara Filipendula ulmaria	Sol à gley superficiel avec anmoor. Sol tourbeux	Forêt hygrophile	Immersion hivernale (de novembre à mai dans la plupart des cas). Assèchement ensuite	Aedes rusticus A. cantans-annulipes A. cataphylla Culiseta morsitans Culiseta annulata Anopheles claviger	Alnetum glutinosae
Niveau à Alnus glutinosa et Fraxinus excelsior 14	Cornus sanguinea Crataegus monogyna Ulmus campestris Corylus avellana Carex remota Carex pendula	Sol à gley moyen à mull ou hydromull	Forêt hygrophile	Mêmes périodes d'immersion, mais uniquement dans les parties basses, affines du niveau précédent	Mêmes espèces	Alnetum glutinosae fraxinetosum
	Variante à Quercus pedunculata Espèces mésophiles Arum maculatum Circaea lutetiana Hedera helix	Gley moyen ou profond à mull	Forêt hygrophile	Idem		
Niveau à Quercus pedunculata et Carpinus betulus 15	Acer campestre Populus tremula Arum maculatum Hedera helix Paris quadrifolia Anemone nemorosa Convallaria maialis	Pseudogley sur roche-mère molassique	Forêt mésohygrophile	Immersion des parties basses dépressionnaires dont la végétation est affine du niveau	Aedes rusticus A. cantans-annulipes Culiseta morsitans Culiseta annulata Anopheles claviger	Querceto-Carpinetum
NIVEAUX FORESTIERS DES ZONES RIVERAINES ET DES ILES DU RHONE						
Niveau à Alnus incana 16	Phalaris arundinacea Deschampsia coespitosa Equisetum hiemale Eupatorium cannabinum Carex acutiformis	Sol alluvial à texture grossière	Forêt riveraine en contre-bas des digues	Immersion d'assez courte durée (1 à 2 mois) en rapport avec les fluctuations du fleuve	Culex territans Aedes cantans -annulipes A. vexans A. sticticus A. cinereus Culex pipiens Culiseta annulata	Alnetum incanae
Niveau à Salix alba et Carex acutiformis 17	Carex acutiformis Carex elata Lysimachia nummularia Myosotis palustris Ranunculus repens Polygonum lapathifolium Cardamine amara Phalaris arundinacea	Sol alluvial sur dépôts limoneux	Forêt s'installant dans les zones dépressionnaires (lone, basse, anciens bras du fleuve surtout dans les îles)	Immersion d'assez courte durée ne dépassant pas 1 mois , 1 mois et demi	Aedes cantans -annulipes A. vexans A. sticticus A. cinereus Culex pipiens Culiseta annulata	Salici - Populetum
Niveau à Ulmus campestris 18	Ulmus campestris Carex acutiformis Lysimachia nummularia Cornus sanguinea Viburnum opulus (souvent sans végétation herbacée)	Sol alluvial à pseudogley sur gley profond (couche de limon importante 80 cm à 1 m)	Anciens bras du Rhône, basses où se sont déposés les limons	Immersion assez longue (1 mois environ) au moment des hautes eaux du Rhône (juin - août)	Aedes cantans -annulipes A. sticticus A. vexans A. cinereus Culex pipiens Culiseta annulata	Stade de transition vers le Fraxino - Ulmetum
Niveau à Crataegus monogyna et Prunus spinosa 19	Pas de végétation herbacée	Sol alluvial à mull et pseudogley profond	Zones fortement influencées par l'homme	Immersion de courte durée (15 à 20 j.)	Aedes sticticus A. vexans A. cinereus Culex pipiens	Stade de dégradation du Fraxino - Ulmetum
NIVEAUX ARTIFICIELS						
Fossés, terrières, lones, basses, dépressions sans végétation 20	Installation d'échelles et de piézomètres pour suivre les variations de la nappe phréatique			Immersion variable suivant la profondeur. Cependant assèchement chaque année ou tous les 2 ans suivant les conditions climatiques	Pour les dépressions profondes : Aedes rusticus A. cantans-annulipes Anopheles maculipennis Culex territans Culex pipiens Plus rarement : Aedes vexans A. sticticus	
Dépressions peu profondes sans végétation 21	Ornières, creux dans les champs, nids de poule,..			Immersion de courte durée ne dépassant pas 15 j.	Aedes vexans A. sticticus A. cinereus Culex pipiens	

NIVEAUX ÉCOLOGIQUES DU LITTORAL ATLANTIQUE

ESPECES DOMINANTES	ESPECES COMPAGNES	TYPE DE GITE	DUREE DE SUBMERSION	ESPECES CULICIDIENNES
Agropyrum littorale	Sueda fruticosa Festuca maritima Limonium vulgare Inula crithmoides Obione portulacoïdes	Gîtes littoraux	Inf. à 1 mois	
Festuca maritima	Hordeum murinum Poa trivialis Agropyrum littorale	Gîtes intérieurs	Inf. à 1 mois	
Scirpus lacustris Scirpus littoralis	Phragmites communis Typha latifolia Typha angustifolia	Gîtes intérieurs	11 à 12 mois	Anopheles maculipennis Anopheles algeriensis Culex modestus
Cladium mariscus	Phragmites communis	Gîtes intérieurs	11 à 12 mois	Aedes rusticus Anopheles maculipennis Culex modestus Mansonia richiardii
Typha angustifolia Typha latifolia	Phragmites communis Scirpus lacustris Scirpus littoralis Iris pseudacorus	Gîtes intérieurs	11 à 12 mois	Anopheles maculipennis Culex modestus Culiseta subochrea Mansonia richiardii Mansonia Buxtoni
Scirpus maritimus	Phragmites communis Juncus maritimus	Gîtes littoraux	8 à 9 mois	Aedes caspius Aedes detritus Culiseta subochrea Anopheles maculipennis
Juncus maritimus	Phragmites communis Scirpus maritimus	Gîtes littoraux	6 à 9 mois	Aedes caspius Aedes detritus Anopheles maculipennis Culiseta subochrea
Juncus Gerardi	Alopecurus bulbosus	Gîtes littoraux Gîtes intérieurs	6 à 7 mois	Aedes caspius
Phragmites communis	Scirpus maritimus Juncus maritimus Typha angustifolia Typha latifolia	Gîtes intérieurs Gîtes littoraux	8 à 10 mois	Aedes caspius Anopheles maculipennis Culex modestus Culiseta subochrea Mansonia richiardii Mansonia Buxtoni
Salicornia fruticosa	Salicornia herbacea Obione portulacoïdes Glyceria maritima	Gîtes littoraux	6 à 8 mois	Aedes caspius Aedes detritus
Salicornia radicans	Salicornia herbacea Salicornia fruticosa Obione portulacoïdes	Gîtes littoraux	4 à 8 mois	Aedes caspius ?
Obione portulacoïdes	Salicornia radicans Salicornia fruticosa Aster trifolium Glyceria maritima	Gîtes littoraux	4 à 8 mois	
Salicornia herbacea Sueda maritima	Salsola soda Salicornia fruticosa Glyceria maritima Aster trifolium Polygonum monspeliensis	Gîtes littoraux	6 à 10 mois	Aedes caspius Aedes detritus
Spartina stricta	Aster trifolium Salicornia herbacea	Gîtes littoraux ouverts	5 à 7 mois	
Alnus glutinosa Ulmus campestris	Salix cinerea Fraxinus oxycarpa	Gîtes intérieurs	5 à 9 mois	Aedes rusticus