

LE FOYER MARSEILLAIS DE LEISHMANIOSE VISCERALE: CARTOGRAPHIE EPIDEMIOLOGIQUE A 1/50 000. ESSAI METHODOLOGIQUE

par B. GILOT (1), J.F. GILLET (1), M. QUILICI (2),
S. DUNAN (2), B. LACHET (3), J. RANQUE (2).

Introduction	4
I.- Données de la littérature. Bases de la Cartographie	5
II.- But de l'étude et méthodologie	7
III.- Situation du foyer marseillais de la leishmaniose viscérale	7
IV.- Etude du foyer marseillais de leishmaniose viscérale (échelle 1/50 000): essai de définition de zones homoépidémiologiques ...	12
Bibliographie	25

RESUME.- Le foyer marseillais de leishmaniose viscérale: cartographie épidémiologique à 1/50 000. Essai méthodologique.

Si, depuis plus de 50 ans, le foyer marseillais de leishmaniose viscérale canine et humaine a fait l'objet de nombreux travaux, -d'orientation clinique et biologique, principalement-, la signification épidémiologique des données acquises risquait d'être mal perçue parce que ces données n'étaient pas insérées dans un cadre écologique et entomologique suffisamment précis.

L'approche cartographique de ce foyer de maladie tentée ici est fondée sur un découpage de l'espace urbain et de l'espace rural environnant à l'aide de descripteurs hiérarchisés (43 secteurs seront ainsi définis) et sur la confrontation, pour chacune des zones individualisées, des données nosologiques (archives vétérinaires) et de données entomologiques obtenues par un piégeage intensif.

Après avoir situé le foyer par rapport à son environnement naturel, on cherche à mettre en évidence des zones de potentialités épidémiologiques différentes (échelle 1/50 000). Quatre classes de risque sont ainsi définies. Chaque classe s'individualise par une certaine densité de phlébotomes vecteurs (*Phlebotomus perniciosus*), liée elle-même aux conditions écologiques propres à la zone. Les secteurs à haut risque correspondent à des types d'urbanisation bien particuliers. Certains secteurs, dont le risque épidémiologique est nul actuellement, peuvent devenir générateurs de maladie, selon le type d'urbanisation dont ils peuvent être ultérieurement le siège.

Les auteurs discutent des possibilités de généralisation des résultats obtenus et de la méthodologie mise en oeuvre (applications possibles aux grandes endémies parasitaires).

SUMMARY.- The visceral leishmaniasis focus in Marseille: epidemiological mapping (scale 1/50 000). A methodological essay.

The canine and human visceral leishmaniasis focus in Marseille has been studied for more than 50 years, mostly from a clinical and a biological point of view, but the epidemiological signification of the results are not clear enough as they are not connected with ecological and entomological data.

The cartographical approach of the disease focus proposed in this paper is founded on the following method: the urban area and its natural environment have been first divided into 43 units according to hierarchized ecological indicators. Then, in each unit, nosological data (from veterinaries records) and entomological ones (densities of sandflies got by intensive use of sticky traps) were

(1), (2), (3): voir adresse des auteurs à la fin de l'article.

compared.

The focus is first situated in relation to its natural environment; then, the authors try to delimitate specific areas according to their epidemiological value. Four different risk-classes have been distinguished. The characterization of each class lies on the density of the vector, Phlebotomus perniciosus, which is itself related to the area's ecological features. The very high risk units are in relation with some clearly definite urbanization type.

Some units in which epidemiological risk does not exist actually can become more or less infested, according to the future urbanization type.

The authors discuss the generalization of the results and the applications of the methods (for instance in the field of endemic parasitological diseases).

INTRODUCTION

Renouant avec une vieille tradition visant à situer dans l'espace le fait nosologique (cf. SORRE, 1945; AUDY, 1954; MAROT, 1958), plusieurs auteurs (DEDET, 1977; GILOT et al., 1978; RIOUX et al., 1981; RODHAIN, 1981) ont rappelé, récemment, l'intérêt que revêt, pour l'étude des maladies vectorielles, l'élaboration, à des échelles différentes, de documents propres à localiser avec précision dans l'espace les différents éléments du "complexe pathogène" et à situer les territoires où la maladie se manifeste.

Cependant, de tels documents peuvent être conçus de façon fort différente selon qu'il s'agit d'édifier de simples cartogrammes, à partir de données d'archives ou de captures personnelles (telles sont par exemple, les cartes de répartition des glossines édifiées actuellement par LAVEISSIERE et al. (cf. par exemple LAVEISSIERE et TOURE, 1982) ou de réaliser de véritables documents cartographiques, "synthétiques et corrélatifs", de nature à visualiser les relations fonctionnelles souvent fort complexes existant entre le germe, le vecteur, le milieu et l'homme ou, plus simplement entre telle ou telle des composantes du "complexe pathogène". Une telle démarche est beaucoup plus complexe et nécessite l'emploi de méthodes originales (stratégie d'ensemble, échantillonnages spécifiques...), mises en oeuvre dans le cadre d'un travail pluridisciplinaire, faisant intervenir, notamment, médecins, vétérinaires, entomologistes, écologistes, statisticiens...

La mise au point de méthodes simples, fiables, économes en personnel et en temps, mais néanmoins susceptibles de permettre la localisation précise des populations de vecteurs, dans des ensembles écologiques et biogéographiques complexes, est le premier objectif que nous nous soyons fixés. Des essais ont été réalisés à grande échelle (1/10 000; 1/35 000) ou à échelle moyenne (1/100 000). Ces essais concernent différents vecteurs de maladie, -qu'il s'agisse de vecteurs connus ou seulement de vecteurs potentiels-, dans les Alpes françaises et leur avant-pays: Arthropodes terrestres se déplaçant fort peu, comme les tiques, Arthropodes aériens soumis parfois à de longs déplacements comme les moustiques (GILOT et al., 1979, 1980 et sous presse; PUECH et al., 1981). L'emploi d'indicateurs et plus spécialement l'indicateur végétal devait faciliter notre tâche et, bien que les résultats obtenus puissent être considérés comme inégalement satisfaisants selon le groupe animal abordé et même à l'intérieur d'un groupe donné, selon l'espèce animale étudiée, la fiabilité des méthodes mises au point nous a paru suffisante pour envisager une nouvelle étape de notre démarche.

Dans le cas de certaines maladies (babésiose canine à Babesia canis, par exemple), de nettes corrélations paraissent exister entre la localisation du vecteur, visualisée dans la cartographie que nous avons effectuée et celle des cas pathologiques, constatée journalièrement par les cliniciens (au point que la cartographie du vecteur pouvait intervenir comme "aide au diagnostic"); aussi nous nous sommes estimés en droit de nous fixer un nouvel objectif: élaborer des cartes qui permettraient non plus seulement de situer dans l'espace les populations de vecteurs et de donner une idée de leur importance numérique dans les différents secteurs écologiques retenus, mais aussi de localiser avec précision la maladie dont ils sont responsables, et de visualiser le lien spatial existant entre le vecteur et l'expression nosologique: nous nous sommes ainsi proposés l'élaboration de cartes qu'on pourrait appeler "cartes épidémiologiques", par analogie avec les "cartes écologiques" élaborées dans un certain nombre de laboratoires français depuis quelques années.

L'élaboration de telles cartes nécessitait un effort méthodologique nouveau: si nous exceptons le travail, à petite échelle, effectué dans les Cévennes par RIOUX et al., 1977, destiné à situer les zones d'endémie leishmanienne, il n'en existe pas d'exemple en Europe occidentale. Aucun travail de cet ordre ne se réfère à une échelle relativement grande (de l'ordre du 1/50 000).

La méthode que nous nous proposons de mettre sur pied, reposant sur la confrontation des données entomologiques et des données pathologiques, nécessitait de pouvoir disposer, au départ ou dans un laps de temps raisonnable, de données suffisamment fiables et homogènes dans chacun de ces domaines. D'autre part, il importait de travailler sur des modèles relativement simples et dans des conditions

optimales d'efficacité: "l'histoire naturelle" de la maladie devait être parfaitement connue (connaissance précise des Arthropodes susceptibles d'intervenir comme vecteurs, et des principaux intervenants des cycles impliqués; hôtes vertébrés, facteurs du milieu...).

C'est la raison pour laquelle notre choix s'est porté sur deux maladies pour lesquelles nous disposions au départ d'une information jugée suffisante: la leishmaniose canine et humaine à Leishmania donovani, authentique zoonose et la babésiose à Babesia canis, maladie qui affecte le chien, mais dont on peut se demander si, à l'image d'autres babésioses, elle ne serait pas susceptible de concerner l'homme.

Ces deux maladies présentent entre elles des points communs: le germe responsable est incapable de survivre dans le milieu extérieur; d'autre part, dans les régions où nous les avons étudiées (partie ouest de la Provence pour la leishmaniose -Alpes du Nord et Jura méridional pour la babésiose canine), elles ne paraissent admettre qu'un vecteur. Ces deux caractères sont susceptibles de faciliter l'approche cartographique. C'est le premier de ces essais, consacré à la cartographie du foyer marseillais de leishmaniose, que nous présentons ici, l'étude centrée sur la babésiose canine devant faire l'objet d'une publication ultérieure, dans ces mêmes "Documents" (MARTINOD, GILOT, GIREL, à paraître).

I - DONNÉES DE LA LITTÉRATURE, BASES DE LA CARTOGRAPHIE

Depuis 1914, date à laquelle PRINGAULT signalait le premier cas de leishmaniose canine à Marseille, cette maladie a fait l'objet de nombreux travaux, tant cliniques qu'épidémiologiques. Nous rappellerons sommairement ici les données considérées comme acquises lorsque nous avons commencé notre travail, et sur lesquelles nous nous sommes appuyés.

A - LE CYCLE

Dans l'état actuel de nos connaissances, le cycle paraît simple, dans la mesure où il fait intervenir un unique vecteur et où il n'existe qu'un réservoir, le chien.

1 - Le vecteur

Tous les auteurs s'accordent pour penser que le vecteur est un Diptère appartenant à la famille des Psychodidés et au genre Phlebotomus. L'existence de tout autre vecteur exigerait une démonstration péremptoire (c'est ainsi que RIOUX et al., 1972 ont pu innocenter totalement la tique du chien Rhipicephalus turanicus; la même démonstration devrait être faite pour l'espèce "jumelle" Rhipicephalus sanguineus), et il n'en existe pas de preuve actuellement.

L'espèce de phlébotome en cause est également connue: il s'agit de Phlebotomus perniciosus Newstead, 1911. Les recherches récentes effectuées par RANQUE et al. (1975) et BOUSQUET (1981), notamment dans les agglomérations marseillaises et toulonnaises et, de façon plus générale, dans les villes de la partie occidentale de la côte provençale, mettent en évidence l'écrasante prédominance de Phlebotomus perniciosus sur toute autre espèce de phlébotomes (P. perniciosus représente en effet 92,5 % des captures dans la statistique de RANQUE portant sur 771 phlébotomes et 77,5 % des captures dans celle de BOUSQUET portant sur 281 phlébotomes de l'agglomération toulonnaise). Ces résultats récents sont tout à fait analogues à ceux obtenus par d'autres auteurs, il y a plus de 50 ans. Les sondages effectués par PRINGAULT en 1920, à Saint-Menet, et par RAYNAL et LE GAC en 1933, dans divers quartiers de Marseille (Endoume, Le Pharo, La Rose - Saint-Jérôme), avaient en effet montré la nette prédominance de P. perniciosus (94 % des phlébotomes capturés par PRINGAULT, 91,8 % de ceux capturés par RAYNAL et LE GAC appartiennent à cette espèce).

Rappelons que le rôle vectoriel de P. perniciosus a été prouvé depuis longtemps (PARROT et al. 1930; PARROT, 1934; ADLER et THEODOR, 1930), et nombre d'auteurs lui attribuent aujourd'hui un rôle essentiel dans les pays du bassin occidental de la Méditerranée. Ainsi BIOCCA et al. (1977) pensent que P. perniciosus représente le "vecteur principal de la leishmaniose viscérale en Italie", et GIL COLLADO (1977) estime que cette même espèce est le phlébotome le plus fréquent en Espagne.

Il ne faut pas cependant négliger l'intervention possible d'autres espèces de phlébotomes, mais cette éventualité nous paraît fort peu probable lorsqu'il s'agit des agglomérations ouest-provençales localisées en bordure de la Méditerranée. En revanche, dès que les conditions climatologiques varient (étage du Chêne pubescent, par exemple), l'intervention de P. ariasi est vraisemblable; on sait qu'il s'agit du vecteur habituel des leishmanioses dans les Cévennes (RIOUX et al., 1969). En ce sens, les piégeages effectués par GIACOMO et al. (1978), à Nice,

et dans l'arrière-pays niçois nous paraissent très instructifs. Dans la région côtière, P. perniciosus est la seule espèce capturée. Cette espèce est encore majoritaire dans l'étage du Chêne-vert - Pin d'Alep, mais on note déjà une certaine proportion (1/3 des captures) de P. ariasi. Dans l'étage du Chêne pubescent, le rapport est inverse, et si les deux espèces coexistent, c'est P. ariasi qui est nettement majoritaire (environ 5/1).

2 - Le réservoir

Il est classiquement représenté par le chien qui est en même temps la principale victime de la maladie. Les recherches effectuées sur divers mammifères sauvages (RANQUE et al., 1975; BELLEUDY, 1976) capturés dans la région de Marseille n'ont pas permis de prouver l'infestation naturelle d'animaux sauvages. En particulier, l'examen de 115 renards s'est révélé négatif: le parasite n'a pu être isolé et aucune trace sérologique n'a pu être détectée. Dans l'état actuel de nos connaissances, tout se passe donc comme si le foyer de leishmaniose marseillais devait être considéré comme un "foyer secondaire" (GARNHAM, 1977), l'homme n'étant contaminé que dans les secteurs où sévit la leishmaniose canine (le nombre de ces humains oscillant, selon les années, entre quelques cas et une vingtaine par an dans l'ensemble des centres hospitaliers de Marseille, Toulon et Nice, selon RANQUE et al. (1975), le nombre réel de cas s'avérant difficile à décompter). On sait qu'il n'en n'est pas de même dans le cas de la leishmaniose cécévolé, puisqu'on a découvert l'existence d'infestations spontanées chez le renard (RIOUX et al., 1968). Dans le cas du foyer marseillais, l'unicité du réservoir se révèle comme un élément susceptible de faciliter la cartographie de la maladie.

B - DONNEES ECOLOGIQUES ET EPIDEMIOLOGIQUES

1 - Le vecteur: biologie larvaire et imaginaire

Phlebotomus perniciosus est une espèce zoo-anthropophile, qui paraît bien adaptée à l'environnement humain: on capture fréquemment les adultes dans des bâtiments assez divers: chenils, étables, poulaillers (endophilie) ou les fissures de murs. Les adultes ne sortent que lorsqu'ils trouvent des conditions de température et d'humidité favorables. Selon NICOLI (1955), le thermopreferendum se situe autour de 18-25°, et l'hygropreferendum aux environs de 70 %. Les imagos sont très sensibles au vent et de toutes façons se révèlent très sédentaires, caractère qui doit faciliter la cartographie de ce vecteur, et qui explique la stabilité des foyers de maladie qu'ils déterminent.

Bien que peu d'investigations aient été effectuées pour localiser avec précision les biotopes larvaires de ce phlébotome, il est vraisemblable qu'ils sont situés dans des cavités humides et tempérées du sol. Les recherches effectuées par GRASSI en Italie, sur les biotopes larvaires de P. papatasi, font état de gîtes divers: caves humides encombrées de matériaux de construction, vieilles murailles dont les pierres sont mal jointes, remblais de pierres entassées et recouvertes de terre, aires d'étables et des poulaillers, crevasses profondes dans les sols argileux, tas d'ordures végétales (in COLAS-BELCOUR, 1928).

Plus récemment, NICOLI (1955) précise les trois composantes de gîtes à phlébotomes: facteurs physiques (obscurité; hygrométrie à 70-80 %; écarts limités de température); facteurs chimiques et biochimiques (éléments minéraux variés, nombreux détritiques protéiques: feuilles décomposées, papiers pourris), facteurs biologiques (flore et faune d'accompagnement).

Aura d'hygrométrie et abondance de matières organiques sont très souvent en rapport avec un environnement végétal naturel ou même artificiel: ce fait, déjà mis en relief par RAYNAL et LE GAC (1) (1933) et par PARROT (2) (1935) est à prendre en compte lors du découpage urbain en vue de la cartographie du vecteur.

2 - Les types d'habitats humains favorables au développement du vecteur.

On conçoit, dès lors, que tous les types d'habitats humains ne soient pas également propices à l'installation et à la prolifération de P. perniciosus. A la suite de nombreuses enquêtes épidémiologiques, et d'après les résultats des piégeages effectués sur les sites de Marseille et de Toulon, RANQUE et al. ont défini, en 1975, le type d'habitat qui leur paraissait le meilleur: il s'agit

(1) "Il est intéressant de faire la remarque que tous ces gîtes dans lesquels nous avons constaté l'existence de phlébotomes adultes en grand nombre, locaux habités, locaux d'élevage ou water-closets, étaient tous entourés de jardins et souvent à proximité de tas de fumier et de canalisations où pourrissaient des débris végétaux et où existait de l'humidité".

(2) "Cette prédilection des larves de P. perniciosus et d'autres phlébotomes pour les aliments végétaux explique pourquoi l'espèce et la plupart des représentants du genre se rencontrent surtout à la périphérie ou dans la banlieue des villes ou dans les villes mêmes, au voisinage des parcs et des jardins, publics ou privés. Indirectement, elle éclaire en outre les modalités de la distribution topographique de la leishmaniose viscérale".

d'habitations individuelles avec jardins de faible superficie. La végétation de ces jardins mal entretenus (ronces, euphorbes, graminées diverses) est le plus souvent dégradée. Le terrain le plus favorable est un terrain calcaire (les anfractuosités des falaises calcaires situées à proximité des terrains habités constituent d'excellents gîtes pour P. perniciosus). Les mêmes auteurs mettent en évidence le rôle des murs de pierres sèches qui soutiennent les terrasses rendues nécessaires par la pente de ces zones collinéennes: dans ces murs se trouvent de nombreuses "barbacanes", anfractuosités très propices au repos des phlébotomes adultes.

Les auteurs niçois (TALIERCIO et al., 1972), de leur côté, insistent sur l'existence, à côté d'authentiques foyers ruraux, de foyers de type tout différent, situés à la limite de l'urbanisation, ou même dans l'espace suburbain. Dans ce dernier type de situation, toutes les conditions nécessaires au développement de la leishmaniose se trouvent réunies artificiellement (urbanisation de type discontinu, nombreux bassins d'arrosage ou de pièces d'eau qui entretiennent une aura d'hygrométrie, végétation très diversifiée soit naturelle, soit artificielle, densité élevée de chiens).

Si ces différentes données sont de précision fort inégale, il n'en demeure pas moins qu'elles constituent autant de jalons qui devront servir à découper l'espace en unités de base pour l'échantillonnage à visée cartographique. On devra en tenir compte, autant qu'il est possible, compte tenu du caractère plus ou moins "cartographique" de l'élément en cause et des différentes contraintes inhérentes à l'échelle employée. Prenant en compte, de façon objective, la totalité de l'espace, la cartographie peut, en retour, confirmer ou infirmer telle ou telle observation antérieure et surtout préciser sa portée, dans la mesure où le fait constaté sur un territoire donné peut être généralisé à tous les territoires homologues du point de vue écologique.

II - BUTS DE L'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE

Nous nous sommes proposés l'étude du foyer marseillais de leishmaniose viscérale, en mettant en oeuvre une méthodologie qui permette sa cartographie à des échelles différentes:

- nous avons essayé, d'abord, de situer le foyer par rapport à son environnement naturel et à l'ensemble urbain (sensu lato), à l'échelle à 1/100 000;
- nous nous sommes ensuite proposés de délimiter, au sein de l'espace reconnu comme globalement favorable, des zones plus ou moins propices à l'éclosion de la maladie (échelle 1/50 000).

La méthodologie d'ensemble est la même dans les deux cas: il s'agit de découper l'espace étudié en différentes strates. Chacune de ces strates doit être homogène du point de vue des conditions écologiques. Dans le cadre de ces unités de référence, on procède ensuite à une double évaluation: évaluation des populations de P. perniciosus, évaluation de l'endémie leishmanienne; puis on cherche à établir une comparaison entre ces deux types de données.

Les piégeages de phlébotomes effectués par les différents auteurs antérieurement à cette étude se révélant trop ponctuels et n'explorant pas les diverses possibilités écologiques offertes par l'agglomération marseillaise, nous avons procédé (cf. GILLET et al. à paraître), en 1980, à un piégeage intensif de nature à permettre l'exploitation cartographique des résultats (fig.1).

L'évaluation de l'endémie leishmanienne n'ayant pu être pratiquée par la méthode la plus sensible, celle des investigations immunologiques, nous avons dû recourir à un biais, celui qui consiste à prendre en compte les archives vétérinaires (diagnostics cliniques, mais très souvent étayés par des examens sérologiques (QUILICI et al., 1968; RANQUE et al., 1972, DUNAN, 1972)). Si la méthode ne permet pas une évaluation exacte de l'endémie leishmanienne, du moins peut-on, dans des conditions que nous préciserons par la suite, obtenir des données qu'on peut considérer comme globalement comparatives pour chacun des types des zones qu'il s'agit d'explorer.

III - SITUATION DU FOYER MARSEILLAIS DE LEISHMANIOSE VISCÉRALE

Pour localiser avec précision le foyer marseillais, nous avons cherché à obtenir des informations sur les différents éléments du complexe pathogène dans un cadre géographique débordant largement le site de l'agglomération.

A - METHODOLOGIE: LA COLLECTE DE L'INFORMATION ET LE DECOUPAGE DE L'ESPACE

1 - Informations sur le vecteur

Elles ont été obtenues par un échantillonnage à visée chorologique (chorologie quantitative) reposant sur de longs transects (jusqu'à 12 km) débutant dans le centre-ville, traversant tous les types de milieux urbanisés et les milieux naturels dans un périmètre assez large autour de la ville de Marseille. Afin de rendre les résultats comparatifs, un seul type de piège a été utilisé: le piège adhésif (feuilles de papier imbibées d'huile de ricin purifiée et maintenues rigides par un support de bois), fondé sur la propriété engluante de l'huile de ricin, employé sans source lumineuse, tel qu'il a été mis en oeuvre dès 1940 par KIRK et LEWIS, et en France, par RIOUX et ses collaborateurs (cf. CROSET et al., 1977). Nous avons exploré un seul type de biotope: les fissures de mur.

Le détail de ces transects sera donné ailleurs (GILLET et al., à paraître). Nous indiquerons ici leurs principales caractéristiques. Trois transects ont été retenus: (cf. fig.1).

a) Un transect qui a pour but de situer le foyer par rapport à l'axe ouest-est de l'agglomération marseillaise et des contreforts de la Sainte-Beaume. Le point de départ est le centre-ville. Il parcourt ensuite la vallée de l'Huveaune, traverse Aubagne et sa vallée et atteint Gemenos avant d'escalader les pentes de la Sainte-Beaume jusqu'au pic de Bertagne, 1 041 m (T.S.B.= 43 km).

b) Deux transects se proposent d'explorer les différents types de milieux urbains et le milieu rural plus ou moins dégradé situé dans l'environnement immédiat de l'agglomération. Les deux transects choisis permettent de situer le foyer urbain par rapport aux deux massifs de Carpiagne et Marseilleveyre. Ces transects orientés du Nord au Sud, s'infléchissent en direction du Sud-Est et empruntent les vallons des Baumettes en direction de la calanque de Morgiou (T.C.M.= 11,5 km) et de la Cayolle en direction de la calanque de Sormiou (T.C.S.= 12 km).

c) Un transect, effectué sur l'île Ratonneau, a pour but d'explorer un milieu de type insulaire situé dans un environnement proche de Marseille. Ce transect parcourt l'île Ratonneau d'Ouest en Est (T.I.R.= 3 km).

Les stations de piégeage le long des transects sont équidistantes de 500 m pour T.C.S. et T.C.M., de 1 km pour T.S.B. et de 200 m pour T.I.R.

Dans chaque lieu de piégeage déterminé au hasard, nous avons placé un nombre de pièges variant entre 10 et 20, en fonction des possibilités offertes par le milieu, dans les endroits qui nous paraissaient les plus favorables. Ces pièges ont été laissés en place pendant dix jours. Ces transects ont été réalisés du 5 au 15 août 1980, c'est-à-dire pendant la période qui, pour l'année en cause, correspondait à l'acmé des populations.

2 - Informations sur le réservoir

Nous avons employé la même méthode pour situer le réservoir canin, aux deux échelles choisies (le 1/100 000 et le 1/50 000). Les données obtenues sont toutefois situées dans le cadre d'un découpage écologique différent selon le problème abordé. Nous exposerons donc ici cette méthode, de manière exhaustive, pour ne pas y revenir par la suite.

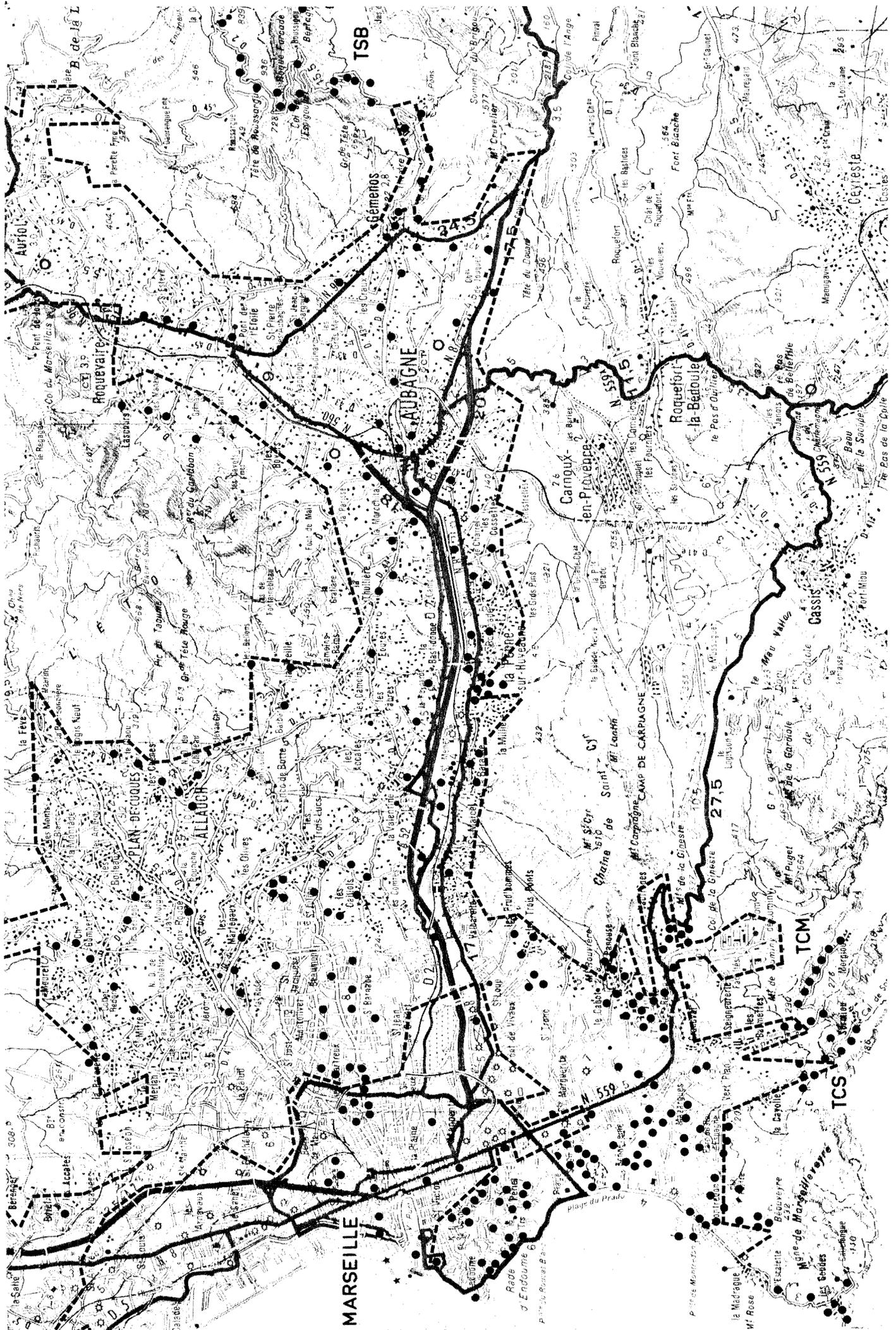
Rappelons, d'abord, que la façon la plus rigoureuse, d'aborder le problème eût été de procéder à une étude séro-immunologique, dans le cadre du découpage écologique retenu. Une telle méthode aurait eu l'avantage de préciser la fréquence réelle de la leishmaniose chez le réservoir vertébré, secteur par secteur (cf. LANOTTE, 1975). Cependant sa mise en oeuvre aurait été plus délicate (nécessité d'une équipe structurée) et aurait été plus onéreuse. D'autre part, ses résultats seraient eux-mêmes partiellement imparfaits dans la mesure où les chiens sont assujettis à de nombreux déplacements, or ne peut être certain du lieu précis de contamination (nécessité d'un interrogatoire pour éliminer les cas douteux).

Nous avons cherché à résoudre le problème d'une autre façon. Une documentation très conséquente existe (fichiers vétérinaires, fichiers des laboratoires) tant sur les populations de chiens indemnes cliniquement que sur les chiens atteints de leishmaniose (documentation couvrant de façon précise les dix dernières années). Cependant cette information est inutilisable telle qu'elle, faute d'une mise en situation écologique précise.

Notre hypothèse de travail est la suivante: la possibilité de contamination pour un chien déterminé est proportionnelle au temps passé par ce chien au contact des populations de vecteur. Le plus souvent, la contamination se produit donc au domicile où le chien vit habituellement. D'où l'importance que nous avons attaché à situer avec beaucoup de précision les cas de leishmaniose canine.

Légende de la figure 1 ci-contre.

Fig.1.- Localisation des sites de piégeage dans l'agglomération marseillaise et son environnement rural (échelle 1/100 000). TSB= transect St-Beaume; TCS= transect Sormiou; TCM= transect Morgiou. (Les limites du foyer indiquées ici par un tireté sont schématiques. Pour plus de précisions se reporter à la carte en couleurs à 1/50 000).



MARSEILLE

AUBAGNE

TSB

Roquevaire

Gémenos

Carnoux-en-Provence

Roquefort-la-Bédoule

Cassis

PLAN-DE-COUQUES

LALLAUCH

CAMP DE CARIAGNE

TCM

TCS

Mars-Boyer

AUTOLI

la Feve

la Madrague

Ce cartogramme, à l'état brut, ne présente aucune signification. Mais si il est inséré dans le cadre d'un découpage écologique adéquat, l'information recueillie prend toute sa valeur.

En ne considérant que les chiens atteints de leishmaniose, on peut facilement délimiter des secteurs favorables à la maladie, mais, en revanche, on peut difficilement comparer les différents territoires du point de vue de l'incidence de la maladie. En effet, l'hétérogénéité des résultats (nombre élevé de cas de leishmaniose canine diagnostiqués sur un territoire donné, absence de maladie sur d'autres territoires) peut résulter en fait de l'hétérogénéité spatiale de la clientèle vétérinaire, source d'information sur le réservoir, et n'être ainsi que la traduction d'un échantillonnage mal conduit. Pour pallier cet inconvénient, nous avons situé les cas pathologiques par rapport à l'ensemble de la population canine répertoriée dans les fichiers vétérinaires mis à notre disposition, et considérée comme cliniquement indemne (que les chiens aient été amenés en consultation à l'occasion d'une autre affection ou, pour une vaccination). Pour chaque type de secteur différencié par l'analyse écologique, on peut effectuer le rapport:

$$\frac{\text{nombre de chiens atteints de leishmaniose}}{\text{nombre de chiens cliniquement indemnes de leishmaniose}}$$

L'intérêt de cette façon de faire est qu'elle permet des comparaisons d'un secteur à un autre, pour peu que l'on travaille à l'intérieur d'une même clientèle. Le seuil de diagnostic étant le même, les données peuvent être considérées comme homogènes et donc se prêter à l'analyse statistique.

Soulignons le fait que cette méthode ne permet pas de déterminer la fréquence réelle de la maladie, ni l'effectif réel des chiens indemnes. En revanche, les "fréquences relatives d'enzootie canine", appréhendées par ce biais, sont des données qui permettent une caractérisation épidémiologique du secteur étudié et sur lesquelles peut s'appuyer le raisonnement.

Dans le cadre de notre étude, nous avons travaillé essentiellement sur deux clientèles importantes de l'agglomération marseillaise. L'une est axée sur le centre ville, l'autre recouvre des milieux urbains très différents allant du centre-ville à la périphérie.

A partir du cabinet des praticiens, la clientèle se distribue irrégulièrement: très dense aux alentours immédiats du domicile du vétérinaire, elle est de plus en plus clairsemée au fur et à mesure que l'on s'en éloigne. L'information sur les marges des clientèles perd de sa valeur; aussi, n'avons-nous retenu que les secteurs où l'information était particulièrement dense. Les cas cliniquement décelés ont fait, dans la majorité des cas, l'objet d'investigations sérologiques de complément (seuil de 1/100) (QUILICI, DUNAN et al.).

3 - Le découpage écologique

Rappelons que l'examen à petite échelle de nombreuses villes de France fait apparaître une répartition en anneaux, ou en couronnes concentriques. Le centre de la ville est caractérisé par un niveau de saturation élevée de l'urbanisation. Lorsqu'on s'éloigne du centre, la végétation apparaît et prend de plus en plus d'importance. Plus l'espace bâti diminue (diminution du coefficient d'occupation de sols), plus la végétation a tendance à s'implanter. Ce modèle en anneaux concentriques se révèle très contestable à grande échelle pour une ville comme Marseille. Les modes d'urbanisation de la ville ont conduit à une structure très anarchique. Ainsi, à grande échelle, on ne constate plus qu'une juxtaposition désordonnée de petites surfaces hétérogènes (structure en mosaïque).

Pour localiser le foyer marseillais, nous avons eu recours à une échelle relativement petite (1/100 000). A cette échelle, la ville apparaît formée de trois parties constitutives: le centre urbain proprement dit (centre historique de la ville), la zone suburbaine, la zone péri-urbaine. Nous appelons "suburbain" les centres historiques des différents villages englobés dans la ville lors de la formation de l'agglomération de Marseille (petites maisons contigües avec espaces interstitiels disposés irrégulièrement et de taille variable: centre de la Pointe Rouge, de Saint-Barnabé, de Beaumont, de Saint-Loup, de Saint-Jérôme). La zone péri-urbaine est caractérisée par un habitat plus dispersé (maisons individuelles).

L'espace rural a été subdivisé en trois zones: deux de ces zones présentent une végétation naturelle plus ou moins bien conservée. Il s'agit, d'une part, de la garrigue, où la strate buissonnante est bien développée, la strate arbustive nulle, et, d'autre part, d'un stade plus évolué de la végétation naturelle représenté, dans le cas le plus typique, par une Pinède à Pin d'Alep.

Nous avons été ainsi obligés de rechercher les adresses précises des propriétaires de chiens à leishmaniose confirmée et nous les avons localisées sur des plans à grande échelle. On aboutit ainsi à un cartogramme des chiens malades.

B - RESULTATS

1 - Le vecteur

Les résultats de ces différents transects sont très similaires. C'est pourquoi nous les présenterons de façon synthétique.

a) Les zones urbaines. Les captures n'ont été effectuées que dans les milieux suburbain et péri-urbain. Aucun phlébotome n'a été collecté dans l'espace suburbain proprement dit.

Les densités de phlébotomes restent faibles dans le milieu suburbain. C'est dans le milieu péri-urbain où l'urbanisation est lâche, avec un espace interstitiel bien développé, (jardins d'agrément) que les densités de phlébotomes sont les plus fortes.

b) L'espace naturel. Les biotopes à phlébotomes se situent sur une mince bande, immédiatement contiguë à l'agglomération marseillaise. Ce milieu est caractérisé par la présence d'une strate arborescente (Pinède à Pin d'Alep...) relativement bien conservée. Les phlébotomes sont présents en densité non négligeable.

Lorsque la strate arborescente cède la place à une strate buissonnante (garrigue) plus exposée aux variations climatiques (milieu plus xérique), les phlébotomes disparaissent complètement. Les milieux soumis aux incendies récents n'hébergent pas de phlébotome.

Remarque : dans le transect TSB, on note des phlébotomes depuis la périphérie de la ville jusqu'à Aubagne. Les phlébotomes disparaissent au niveau des zones cultivées de la plaine d'Aubagne pour être à nouveau présents sur les contreforts de la Sainte-Beaume, jusqu'à une altitude de 240 m. Au-delà (incendies récents), nous n'avons plus décelé de phlébotome.

Les différents transects ont montré l'incidence déterminante des incendies sur les populations de vecteurs. Les photographies prises par satellite et appliquées à la localisation des secteurs incendiés (document IGN-OPIT, 1979) permettent d'avoir une idée des surfaces ainsi rendues indemnes de phlébotomes et acquièrent ainsi une portée épidémiologique.

Le milieu insulaire échantillonné est indemne de phlébotomes. La situation de l'île crée des conditions climatiques particulièrement néfastes pour ces diptères (vents fréquents et violents). La végétation de l'île, garrigue basse, est très peu favorable à l'installation du phlébotome.

Le tableau I et la figure 2 résument nos constatations.

TABLEAU I.- Répartition de *P. perniciosus* dans les différents types de milieux, urbains et péri-urbains.

Type de milieu échantillonné	Fréquence des stations positives	Densité de <i>P. perniciosus</i> (P./m ²)
URBAIN (centre ville)	0 %	0
SUBURBAIN (centre des quartiers)	50 %	0,62
PERI-URBAIN (habitat épars)	81,8 %	6,08
STRATE ARBORESCENTE (Pinèdes)	29,6 %	3,17
STRATE BUISSONNANTE (garrigues)	0 %	0
MILIEUX NATURELS INCENDIES	0 %	0

La densité de Phlébotomes est évaluée en m² de piège.

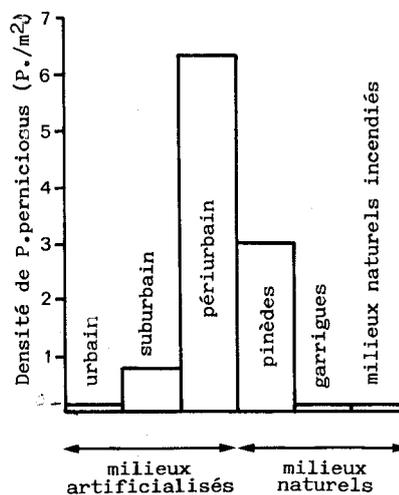


Fig.2.- Densité des populations de *P. perniciosus* dans les divers milieux.

2 - Le réservoir

Les chiens sédentaires se localisent exclusivement dans le milieu urbain, les milieux naturels environnants étant totalement dépourvus d'habitations (les fermes des alentours de Marseille qui, naguère, étaient situées dans un espace naturel, sont actuellement englobées dans l'agglomération).

Les chiens atteints de leishmaniose se répartissent exclusivement dans les milieux urbanisés; cependant, leur densité est très inégale selon les zones. Ainsi, les secteurs urbain et suburbain recèlent de nombreux chiens sédentaires et peu de chiens atteints de leishmaniose. En revanche, les milieux péri-urbains sont moins bien pourvus en chiens, mais la maladie y est plus fréquente. Le tableau II résume nos constatations (3).

TABLEAU II.- Localisation du "réservoir" en fonction du milieu

Milieux échantillonnés		Nombre moyen de chiens		Pourcentage d'atteinte
		sédentaires (pour 100 ha)	leishmaniens (pour 100 ha)	
Naturel	Strate arborescente, buissonnante et espaces incendiés	0	0	0 %
Péri-urbain	Habitats épars Maisons individuelles	115	7,32	6 %
Suburbain	Centre de quartiers	276	0,28	0,1 %
Urbain	Centre-ville	774	0,61	0,08 %

C - CONCLUSIONS

Les données concernant le vecteur et le réservoir étant convergentes, il nous apparaît possible de tracer les contours du foyer marseillais et de le visualiser à petite échelle (cf. fig. 1).

Il s'agit d'un foyer d'un type "insulaire", conditionné en grande partie par l'action des incendies répétés. Ce foyer se situe en milieu urbain (s.l.). Il est entouré d'une couronne plus ou moins conservée de végétation naturelle dans laquelle persiste des populations de phlébotomes non négligeables.

A l'intérieur de la ville, seules certaines zones sont impliquées dans la maladie. C'est la zone péri-urbaine qui est nettement la plus favorable (densité maximale de vecteurs et de chiens atteints).

IV - ÉTUDE DU FOYER MARSEILLAIS DE LEISHMANIOSE VISCÉRALE (ÉCHELLE: 1/50 000): ESSAI DE DÉFINITION DE ZONES HOMOÉPIDÉMIOLOGIQUES.

Le foyer marseillais ayant été ainsi délimité à petite échelle, il nous a paru opportun de rechercher, à une échelle plus grande, si ce foyer se présentait comme homogène ou non. Nous avons donc cherché à savoir si le "milieu urbain" présentait, dans son ensemble, des possibilités de risque égales pour un chien qui y serait introduit, ou bien si la ville devait être considérée comme un agrégat de secteurs inégalement favorables à l'éclosion de la maladie. En fait, la demande précédente (cf. III) nous a permis de mettre en évidence une inégalité de réponse des trois principales "strates" qui constituent le "milieu urbain", mais la structure en mosaïque de la ville de Marseille imposait une nouvelle recherche qui aille beaucoup plus finement dans le détail en prenant compte toutes les parties constitutives de l'agglomération. Pour ce faire, un découpage beaucoup plus élaboré du milieu urbain était nécessaire. Ce découpage devait reposer sur un certain nombre de critères dont le choix devait être guidé par les considérations suivantes:

- intérêt biologique: possibilité ou non de développement des phlébotomes. On conçoit, par exemple, qu'un milieu sans espace interstitiel soit beaucoup moins favorable au développement des populations de phlébotomes qu'un milieu à espace interstitiel très développé;
- objectivité: ainsi une notion comme le coefficient d'occupation (C.O.S.) nous a paru devoir être retenue malgré ses imperfections;
- intérêt cartographique: nécessité d'un repérage sur le terrain et sur des cartes à grande échelle (visée prophylactique).

(3) L'intérêt de ces données résulte du fait qu'elles permettent les comparaisons. Leur valeur absolue est beaucoup plus contestable (cf. les divers développements concernant la méthode employée).

Ayant ainsi défini un certain nombre de secteurs de potentialités présumées différents, nous les testerons vis-à-vis des populations de vecteurs (pose de piège dans tous les types de secteurs et en nombre analogue) et par rapport à la répartition effective de la maladie.

Cette démarche qui, permettra de prouver ou d'invalider les distinctions qui ont été opérées lors de l'analyse a priori du milieu, doit s'appuyer sur des bases statistiques solides.

Nous exposerons, d'abord, les principes sur lesquels a reposé le découpage urbain et nous préciserons le cadre statistique dans lequel les échantillonnages ont été effectués de façon à permettre une exploitation plus rationnelle des données. Puis nous analyserons les résultats obtenus en ce qui concerne le vecteur d'une part et le réservoir de l'autre, et nous essaierons de juger du degré de cohérence entre ces résultats afin d'aboutir à la définition de zones de risques objectives.

A - METHODES D'ETUDE: DECOUPAGE DE L'ESPACE, COLLECTE DE L'INFORMATION, CADRE STATISTIQUE DE L'ETUDE

1 - Le découpage du milieu urbain.

a) Les descripteurs retenus. L'individualisation d'unités cartographiques de départ a été rendue possible par la prise en compte d'indicateurs de zonage. Rappelons que la végétation en milieu rural est un excellent indicateur de zonage lorsqu'il s'agit de situer les populations d'arthropodes vecteurs. En effet "reflet du milieu", elle traduit les différents éléments fondamentaux pour la vie de ces arthropodes (sols, climat...).

Dans le cas du milieu urbain, le recours à ce type de stratificateur unique n'a pas été possible; l'implantation de la végétation étant très largement influencée par l'homme, son déterminisme ne reflète pas les conditions naturelles. Elle peut cependant, par l'atmosphère d'humidité qu'elle est susceptible de créer, intervenir de façon non négligeable pour créer des conditions favorables aux populations de phlébotomes.

A cause de l'importance majoritaire du bâti en milieu urbain, nous avons retenu d'emblée trois éléments stratificateurs, chacun d'entre eux s'avérant incapable de définir le milieu urbain de façon suffisamment précise:

- le coefficient d'occupation des sols
- la structure urbaine
- la végétation

a) Le coefficient d'occupation des sols (C.O.S.). Utilisé en planification du territoire, le COS représente le rapport de la surface bâtie sur la surface totale. Il varie donc de 0 à 1. C'est un descripteur objectif. Son estimation est possible à partir de documents à différentes échelles dont on peut disposer facilement (photographies aériennes à 1/15 000, plans cadastraux à 1/5 000). Son intérêt provient du fait qu'il nous renseigne à la fois sur l'espace bâti, l'espace non bâti et les rapports entre ces différents types d'espace.

En ce sens, c'est une notion dont l'utilisation peut être utile en écologie urbaine. Cependant, il ne préjuge pas de la nature de l'espace bâti (types de constructions très différents pour un même COS) ni de celle de l'espace libre entre les constructions (présence ou absence de végétation).

Le tableau III indique les valeurs de COS qui caractérisent les différents types d'habitats urbains, et les regroupements que nous avons pu opérer lorsque ces valeurs étaient voisines (différences non significatives).

Ainsi, la classe VII du COS (0,92) regroupe les immeubles anciens en continu (centre-ville), les terrains de sport, les zones industrielles de tout type.

En pratique, nous avons utilisé ce descripteur, mais en l'employant de façon conjointe à un autre descripteur: la structure urbaine: la valeur du COS sert à confirmer ou infirmer l'homogénéité de zones qui, par ailleurs, présentent une structure urbaine homogène.

B) La structure urbaine. C'est le descripteur qui nous a paru le plus fondamental. Le type de construction, le rapport des constructions entre elles et avec le milieu végétal environnant (végétation artificielle ou naturelle) conditionnent à la fois l'éthologie du chien et la prolifération des biotopes à phlébotomes.

Aussi, bien que les potentialités épidémiologiques de chacune des entités distinguées par notre analyse aient été a priori difficiles à prévoir, nous nous sommes attachés à réaliser un découpage très fin de l'espace urbain de façon à définir toute une gamme de conditions écologiques diversement propices aux populations de phlébotomes.

Par exemple, les petites maisons individuelles sont traditionnellement entourées de murettes de pierres favorables aux phlébotomes, alors que les immeubles anciens du centre-ville ne paraissent a priori receler aucun biotope favorable. Les terrains vagues peuvent offrir aux phlébotomes des biotopes opportuns mais ces biotopes sont en général exposés aux vents.

TABLEAU III.- Définition des niveaux d'urbanisation à partir des pourcentages moyens de surface bâtie. Constitution des classes d'urbanisation significatives à 0,01 (++) .

Structures urbaines ou végétales	COS	Classe de COS	Significativité (test des Moyennes) ++ = 0,01	Classe
Strate arborescente (Pinède)	0°			
Strate buissonnante (garrigue)	0			
Espaces incendiés	0	0		I
Terrains vagues	0			
Ripisylves	0			
Maisons rurales (habitats épars)	0,06	0,06	++	II
Parc publics	0,15	0,15	++	III
Maisons individuelles	0,24			
Immeubles avec parcs	0,25	0,25		IV
Lotissements modernes	0,27			
Grands ensembles (Immeubles)	0,50	0,50	++	V
Maisons anciennes en continu	0,74	0,74	++	VI
Immeubles anciens en continu	0,89			
Terrains de sports	0,91	0,92		VII
Zones industrielles	0,95			

Les critères sur lesquels repose notre découpage sont les suivants:

- types de constructions: maisons, immeubles...
- affectation de la construction : zone industrielle, vocation de recherche, zone résidentielle, terrains de sports...
- "niveaux" socio-économiques: maisons avec parcs, maisons de type ouvrier, lotissements.

A l'échelle où nous avons travaillé, nous avons ainsi défini 10 secteurs différents quant au type de structure urbaine. Cette notion de structure urbaine pallie les insuffisances du COS. Ainsi, pour un COS= 0, il existe différents types de structure urbaine offrant des conditions écologiques très différentes.

Y) La végétation. La végétation naturelle donne une vision intégrée de l'ensemble des conditions écologiques sur un territoire déterminé. Aussi a-t-elle été souvent employée comme élément de référence pour l'échantillonnage (chaque groupement végétal définissant un milieu homogène).

Dans le cadre de notre travail, nous n'avons pu employer la végétation comme indicateur unique (elle est absente de beaucoup de milieux urbanisés). Cependant elle a servi de base à la définition d'un certain nombre de secteurs au contact de la ville et parfois dans l'agglomération marseillaise. La documentation de base a été trouvée dans les cartes de végétation naturelle (à 1/50 000 et à 1/200 000) publiées par MOLINIER (1960) et MOLINIER et al. (1976) et la carte des incendies de forêt (IGN-OPIT), publiée en 1979, qui nous a permis de situer les espaces où la végétation a été affectée par des incendies récents.

- Végétation naturelle plus ou moins dégradée, située autour de l'agglomération. Nous avons distingué les entités suivantes qui nous paraissent définir des conditions de vie différentes pour les phlébotomes:

. Les pinèdes (à Pin d'Alep) à strate arborescente bien développée dont le couvert définit des conditions écologiques relativement homogènes. (Ecran végétal pour le vent, milieu tamponné du point de vue de l'hygrométrie et de la température).

. Les garrigues (chênes Kermès...) à strate buissonnante basse, beaucoup plus sensible aux conditions climatiques (vents importants, hygrométrie basse et température élevée) définissent des milieux beaucoup plus xériques.

. Les flots de végétation soumis récemment à l'action des incendies définissent des conditions beaucoup plus défavorables.

. Les ripisylves (Populetum albae) offrent des conditions d'hygrométrie très particulières.

- Végétation fortement anthropisée: bien que de nature très diverse (végétation naturelle dégradée, essences végétales importées,...) et très

inégalement répartie dans le milieu urbain, elle nous paraît susceptible de jouer un rôle essentiel, ne serait-ce que par l'"aura" d'humidité qu'elle est susceptible d'entretenir au bénéfice des populations de phlébotomes.

A l'échelle où nous avons travaillé, la caractérisation par la végétation artificialisée n'a été retenue que pour les surfaces où elle était bien représentée. Ainsi ont été distingués :

- les terrains vagues
- les parcs publics
- les ripisylves en contact avec le milieu urbain.

A plus grande échelle, une analyse fine de la végétation artificialisée pourrait apporter des précisions supplémentaires pour la définition des secteurs urbains que nous avons caractérisés principalement par la nature des éléments du bâti urbain.

b) Mode d'utilisation de ces descripteurs

Ces différents descripteurs des milieux urbains se complètent. Nous le montrerons ici par un exemple précis (fig. 3).

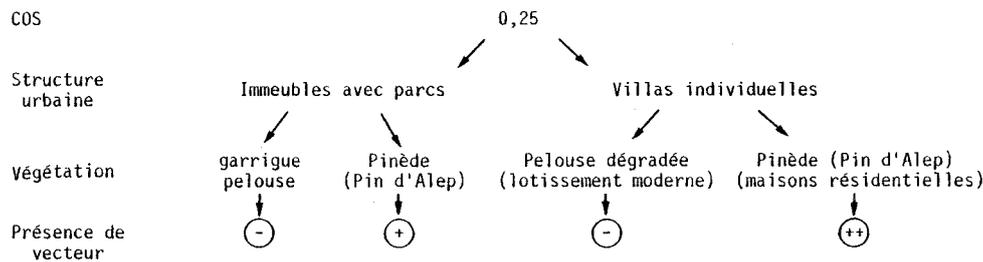


Fig.3.- Exemple d'utilisation des descripteurs pour une valeur de COS = 0,25. Populations de Phlebotomus perniciosus hébergées par les différentes entités ainsi distinguées.

c) Adjonction d'un descripteur supplémentaire: la pente.

L'usage conjoint de ces descripteurs nous a permis un premier découpage du milieu qui nous a donné des résultats relativement satisfaisants, dans l'ensemble, tant en ce qui concerne la distribution des vecteurs que celle des cas de leishmaniose canine. Cependant, certaines discordances nous ont amenés à un effort de réflexion supplémentaire. Ainsi, la structure "petites maisons individuelles" (pour un COS et une végétation donnés) paraissait, dans certains cas, très favorable aux populations de vecteur et peu favorable dans d'autres cas. Nous nous sommes aperçus que la pente jouait un rôle essentiel.

Les tests préalables nous ayant montré l'incidence de la pente sur la répartition de la maladie, nous avons pensé que cet élément intervenait essentiellement au niveau des populations de vecteur.

Ainsi, l'entité distinguée "petites maisons individuelles", ne recelaient de populations de phlébotomes que si ce type de structure urbaine se trouvait sur une pente. Nous avons donc associé ce descripteur supplémentaire aux descripteurs précités.

Le facteur pente peut influencer à la fois le nombre de biotopes offerts aux populations de vecteur et la densité de ces populations au sein de ces biotopes. Nous avons émis les hypothèses suivantes:

- ces populations qui se développent essentiellement dans les murettes de pierres (fissures, barbacanes) sont d'autant plus importantes que le nombre de biotopes offerts est plus grand. Or, le nombre de biotopes est lié directement à la surface des murettes de pierres qui est elle-même proportionnelle à la pente;
- les densités de population de vecteurs dans un groupe de biotopes déterminé peuvent être d'autant plus fortes que ces biotopes s'insèrent dans un environnement globalement favorable (nombre de niches écologiques offertes à l'espèce).

Pour apprécier l'impact de ce facteur avec un maximum de précision, nous avons défini cinq classes de pente (0 à 5 %; 5 à 10 %; 10 à 20 %; 20 à 30 %; 30 %). Ces cinq classes sont nettement individualisables tant sur le terrain que sur les documents cartographiques à grande échelle. Ce descripteur a été employé en complément à ceux qui ont été indiqués précédemment (COS, structure urbaine, végétation).

L'utilisation conjointe des descripteurs choisis nous amène à la définition de 43 secteurs nettement individualisés dans lesquels ont été effectués les différents échantillonnages (tabl. IV).

TABLEAU IV.- Tableau récapitulatif des secteurs individualisés par l'analyse écologique (les chiffres indiqués correspondent aux numéros d'ordre des secteurs).

COS	Structure du milieu (végétale ou urbaine)	Pente				
		0% → 5%	5% → 10%	10% → 20%	20% → 30%	> 30%
0	Strate arborescente	1	15	25	33	40
0	Strate buissonnante	2	16	26	34	41
0	Espaces incendiés	.	17	27	35	42
0	Terrains vagues urbains	3	.	.	.	.
0,15	Parcs publics	4	.	.	36	.
0,25	Zone de maisons individuelles	5	18	28	37	43
0,25	Lotissement de maisons modernes	.	19	.	.	.
0,08	Maisons rurales (habitat épars au milieu des champs)	6	20	29	38	.
0,74	Maisons anciennes en continu (centre des quartiers)	7	21	.	39	.
0,25	Immeubles avec parcs	8	22	30	.	.
0,50	Immeubles modernes (grands ensembles)	9	23	31	.	.
0,92	Immeubles anciens en continu (centre ville)	10	24	32	.	.
0,92	Zones industrielles et services	11	.	.	.	.
0,92	Terrains de sports	12	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu naturel	13	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu urbain	14	.	.	.	.

. Unités écologiques non représentées sur le territoire d'étude.

2 - Informations sur le vecteur. Modalités d'échantillonnage

Nous avons échantillonné 378 stations (pose de plus de 8 500 pièges) distribuées au hasard dans les différents secteurs précités. Nous avons opéré au hasard et de la façon la plus synchrone possible de manière à ce que les résultats soient comparables. La période optimale pour l'échantillonnage a pu être déterminée par le suivi des populations de phlébotomes dans 17 stations depuis le mois de juin jusqu'au 15 novembre 1981.

3 - Informations sur le réservoir (distribution de la maladie)

Nous avons cherché à apprécier l'incidence de la maladie dans chacun des secteurs préalablement définis pour l'échantillonnage des populations de vecteurs.

Les informations ont été obtenues à partir des fichiers vétérinaires. Les modalités d'exploitation de ces données ont été précisées dans le paragraphe II. La domiciliation précise du chien s'avère d'autant plus nécessaire que le découpage écologique est plus fin (ce qui est ici le cas étant donné l'échelle employée).

4 - Cadre statistique de l'étude et traitement des données

Les résultats des deux types d'échantillonnage (vecteurs et réservoirs) sont exploités statistiquement.

La présence de *P. perniciosus* et celle des chiens dans une unité d'échantillonnage écologique donnée peuvent être considérés comme des événements rares, compte tenu de la taille de cette unité.

Le coefficient de dispersion de ces variables < 1 indique une distribution en agrégats avec des variances très différentes de moyennes ($CD = \sigma^2/\mu$). Dans ces conditions, la loi de Poisson est à éliminer et l'emploi de tests paramétriques également. Nous insisterons sur le fait que l'analyse des variables avant les tests statistiques est très importante. Cette analyse préalable nous évitera de tomber dans l'écueil, fréquent en biologie, de l'utilisation des tests paramétriques à mauvais escient. Nous avons donc employé des tests non paramétriques.

Les deux types d'échantillonnage sont traités de la même façon:

- on vérifie par le test de Kruskal et Wallis l'hétérogénéité globale des moyennes;

- puis on utilise le test de Wilcoxon-Mann et Whitney. Après avoir classé les moyennes (\bar{Y}) de façon croissante, on les compare deux à deux, de proche en

proche et on regroupe les moyennes dont les seuils de probabilité sont les plus grands jusqu'à ce que deux regroupements successifs soient significativement différents.

On obtient ainsi:

- des classes d'abondance pour les populations de vecteur
- des classes de fréquence enzootique relative constituées a posteriori.

On essayera de vérifier ensuite, si la distribution de la maladie exprimée coïncide avec la distribution des populations de phlébotomes dans les secteurs ainsi hiérarchisés.

Dans le cadre du découpage du milieu, effectué a priori, on compare secteur par secteur la fréquence relative d'enzootie canine à la densité des populations de vecteurs en ne tenant compte que des secteurs où il existe une information sur les chiens (test de Wilcoxon-Mann et Whitney).

Pour mieux apprécier le degré de significativité de la relation densité de phlébotomes - fréquence relative de l'enzootie canine, on emploiera le test du logarithme du rapport de vraisemblance (test de G pour exploiter la table des contingences des unités fonctionnelles lorsque l'on oppose les classes de densité des vecteurs à celles des chiens leishmaniens).

Ces données statistiquement vérifiées alimenteront une réflexion qui aura pour but de préciser le contour de nouvelles unités, susceptibles de servir de base à la carte épidémiologique: les zones de risque épidémiologique (nul, faible, moyen et fort).

B - RESULTATS

1 - Répartition du vecteur

1067 phlébotomes ont été récoltés. A part *Sergentomyia minuta* (espèce non mammophile) qui n'intervient pas dans l'épidémiologie de la leishmaniose marseillaise, *Phlebotomus perniciosus* est pratiquement le seul phlébotome représenté. Il correspond à 98,3 % des phlébotomes susceptibles d'être vecteurs. *Phlebotomus ariasi* ne dépassant pas 1,7 %, *P. perniciosus* est donc le seul vecteur possible dans le foyer marseillais de leishmaniose.

a) Interprétation d'ensemble. Les piégeages ont donné des résultats très différents selon les secteurs (cf. tabl. V). Dans plus de la moitié des unités écologiques échantillonnées, aucune population de *P. perniciosus* n'a été décelée.

TABLEAU V.- Les populations de *P. perniciosus* dans les différents secteurs échantillonnés. (Les chiffres indiqués correspondent au nombre moyen de *P. perniciosus* par m² de piège).

COS	Structure du milieu (végétale ou urbaine)	Pente				
		0% → 5%	5% → 10%	10% → 20%	20% → 30%	> 30%
0	Strate arborescente	0	1,33	11,86	11,52	19,68
0	Strate buissonnante	0	0	0	0	0
0	Espaces incendiés	.	0	0	0	0
0	Terrains vagues urbains	0,76	.	.	.	.
0,15	Parcs publics	0	.	.	23,10	.
0,25	Zone de maisons individuelles	0	1,51	7,42	12,97	18,11
0,25	Lotissement de maisons modernes	.	0	.	.	.
0,06	Maisons rurales (habitat épars au milieu des champs)	0	1,20	8,40	14,60	.
0,74	Maisons anciennes en continu (centre des quartiers)	0	0	.	0	.
0,25	Immeubles avec parcs	0	0,71	2,00	.	.
0,50	Immeubles modernes (grands ensembles)	0	0,71	2,86	.	.
0,92	Immeubles anciens en continu (centre ville)	0	0	0	.	.
0,92	Zones industrielles et services	0	.	.	.	.
0,92	Terrains de sports	0	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu naturel	13,10	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu urbain	0	.	.	.	.

. Unités écologiques non représentées sur le territoire d'étude.

Certains secteurs ne recèlent pas de vecteur, quelle que soit la pente. Ce sont principalement les secteurs très densément urbanisés (zones industrielles, immeubles ou maisons en continu...) et les milieux végétaux très dégradés (milieux soumis aux incendies, ripisylves en milieu urbain) ou offrant des conditions écologiques très défavorables (garrigues...).

D'autres secteurs sont colonisés par des populations minimales de P. perniciosus qui restent faibles, quelle que soit la pente (grands ensembles, immeubles entourés de parcs, terrains vagues).

Une entité particulière très fonctionnelle, sans incidence de la pente, est représentée par la ripisylve à végétation bien conservée (encaissement du cours d'eau, permettant la multiplication des milieux riches en fissures).

Les autres secteurs sont susceptibles d'être très favorables, mais sont d'autant plus riches en Phlebotomus perniciosus que la pente s'accroît. A ce type appartiennent d'une part, un milieu naturel relativement peu dégradé, les Pinèdes à Pin d'Alep et d'autre part, les milieux faiblement urbanisés à espace interstitiel bien développé: il s'agit de secteurs caractérisés par des maisons individuelles (villas contiguës avec jardins d'agrément) ou de maisons rurales sous forme d'un habitat très dispersé au sein de zones vouées encore à l'activité agricole.

Dans le cas où la structure est par ailleurs favorable, l'abondance de Phlebotomus perniciosus apparaît directement liée à la pente. Les schémas suivants visualisent ce phénomène (fig. 4).

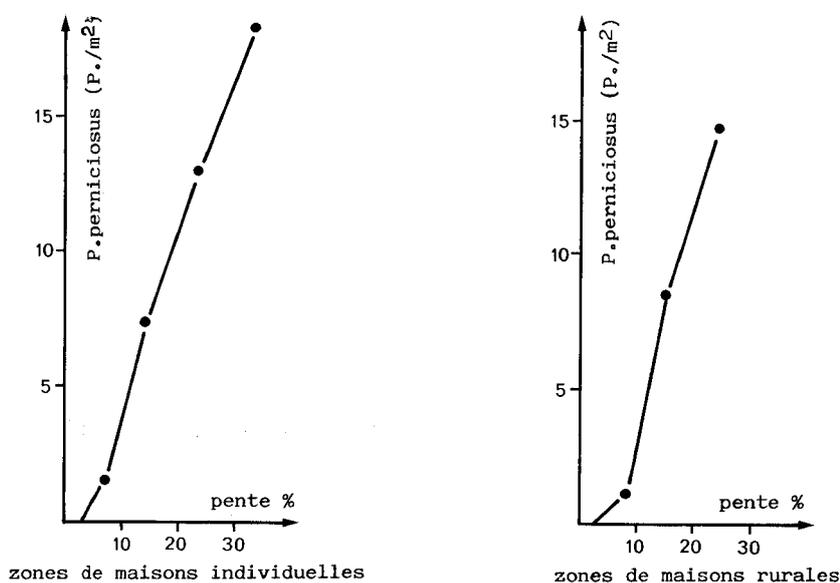


Fig.4.- Densité des populations de P. perniciosus en fonction de la pente dans deux secteurs "urbains".

b) Interprétation statistique des résultats

La probabilité de capturer un nombre donné de Phlebotomus perniciosus peut être le fait de plusieurs unités écologiques. Ainsi peuvent être individualisées de nouvelles entités cartographiques fondées sur les résultats de l'échantillonnage entomologique. Ces entités prennent en compte les unités écologiques de départ, mais ne leur sont pas forcément superposables. Nous avons cherché à mettre en évidence par des tests statistiques appropriés quels étaient les secteurs qui présentaient des populations nettement différentes et quels étaient ceux qui recelaient des populations homologues. L'emploi du test de MANN et WHITNEY a permis d'aboutir pour P. perniciosus à la définition de 4 classes d'abondance bien différenciées: nulle, faible, moyenne et forte (tabl. VI).

2 - Répartition de la maladie

a) Interprétation d'ensemble (tabl. VII).

Dans un certain nombre de milieux, il n'existe pas de chiens sédentaires. Ce sont soit des milieux naturels sans habitat humain, soit des milieux urbains non habités (terrains vagues, parcs publics, zones industrielles, terrains de sports).

D'autres milieux hébergent une faune canine non négligeable mais la maladie ne s'y manifeste pas ou très peu (lotissements modernes, maisons anciennes en continu...).

D'autres, enfin, hébergent une faune canine assez importante et la maladie s'y manifeste avec incidence plus ou moins forte selon les cas et selon le facteur pente (petites maisons individuelles, maisons en milieu rural, etc.).

TABLEAU VI.-

Distribution spatiale de *P. perniciosus* dans les unités écologiques définies par l'analyse a priori. Individualisation des classes d'abondance. (Test de Mann et Whitney).

N° ordre du secteur	S	22	23	3	20	15	18	30	31	28	29	33	25	37	13	38	43	40	36
\bar{Y}	0	0,71	0,71	0,76	1,20	1,33	1,51	2,00	2,86	7,42	8,40	11,52	11,86	12,97	13,01	14,60	18,11	19,68	23,16
P	0	0,37	0,44	0,09	0,46	0,34	0,37	0,35	0,06	0,22	0,39	0,41	0,28	0,48	0,39	0,35	0,36	0,47	
\bar{Y}	0	1,39					9,49					15,69							
P	Nulle	0	"faible"					8,492.10 ⁻⁸ "Moyenne"					0,0052 "Forte"					Abondance	

S : secteurs 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 21, 24, 26, 27, 32, 34, 35, 39, 41, 42.

TABLEAU VII.- L'endémie leishmanienne dans les différents secteurs échantillonnés. (Les chiffres indiqués correspondent à la "fréquence enzootique relative").

COS	Structure du milieu (végétale ou urbaine)	Pente				
		0% → 5%	5% → 10%	10% → 20%	20% → 30%	> 30%
0	Strate arborescente	0	0	0	0	0
0	Strate buissonnante	0	0	0	0	0
0	Espaces incendiés	.	0	0	0	0
0	Terrains vagues urbains	0	.	.	.	.
0,15	Parcs publics	0	.	.	0	.
0,25	Zone de maisons individuelles	0,0141	0,0333	0,0922	0,1479	0,1687
0,25	Lotissement de maisons modernes	.	0	.	.	.
0,06	Maisons rurales (habitat épars parsemé de champs)	0,0217	0,0517	0,1007	0,1135	.
0,74	Maisons anciennes en continu (centre des quartiers)	0	0	.	0,0029	.
0,25	Immeubles avec parcs	0,0082	0	0,0069	.	.
0,50	Immeubles modernes (grands ensembles)	0,0023	0	0	.	.
0,92	Immeubles anciens en continu (centre ville)	0,017	0,0022	0,0008	.	.
0,92	Zones industrielles et services	0	.	.	.	.
0,92	Terrains de sports	0	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu naturel	0	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu urbain	0	.	.	.	.

. Unités écologiques non représentées sur le territoire d'étude.

b) Interprétation statistique des résultats (tabl. VIII et IX).

Nous avons cherché à individualiser des zones où la maladie se manifestait avec une incidence comparable. Pour ce faire, nous avons opéré comme pour le vecteur (Test de Wilcoxon-Mann et Whitney).

La fréquence relative d'enzootie varie de 0 % à 15,8 %. L'analyse statistique des données permet d'individualiser 6 classes de fréquence.

Les classes de très basses fréquences (0 % et 0,2 %) caractérisent des secteurs absolument impropres à la maladie:

- soit parce que l'hôte y est absent (milieux naturels et milieux urbains non habités);

- soit parce que le vecteur est absent. Les cas de leishmaniose détectés dans certains de ces secteurs demanderaient des investigations supplémentaires. (Dans certains cas un interrogatoire bien conduit pourrait donner des arguments précis en faveur d'une pathologie d'importation; ainsi, certains chiens du centre-ville peuvent très bien avoir été contaminés soit dans l'espace périurbain soit dans l'espace rural.

TABLEAU VIII.- Détermination des classes de "fréquences enzootiques relatives".
(test de Wilcoxon-Mann-Whitney).

	43	37	38	29	28	20	18	6	5	8	30	39	9	24	10	32	Autres unités
\bar{Y}	0,1687	0,1479	0,01135	0,1007	0,0922	0,0517	0,0333	0,0217	0,0141	0,0082	0,0069	0,0029	0,0023	0,0022	0,0017	0,0007	0
P	0,31	0,40	0,47	0,47	0,30	0,38	0,40	0,42	0,32	0,45	0,28	0,45	0,49	0,41	0,28	0	
\bar{Y}	0,1583	0,0936		0,0348		0,0102		0,0018								0	
Classes individualisées statistiquement	6	5		4		3		2								1	
Classes retenues	V	IV		III		II		I									

TABLEAU IX.- Appartenance des différents milieux aux classes de fréquence enzootique définies par l'analyse statistique.

COS	Structure du milieu (végétale ou urbaine)	Pente				
		0% → 5%	5% → 10%	10% → 20%	20% → 30%	> 30%
0	Strate arborescente	-	-	-	-	-
0	Strate buissonnante	-	-	-	-	-
0	Espaces incendiés	.	-	-	-	-
0	Terrains vagues urbains	-	.	.	.	.
0,15	Parcs publics	-	.	.	-	.
0,25	Zone de maisons individuelles	II	III	IV	V	V
0,25	Lotissement de maisons modernes	.	-	.	.	.
0,06	Maisons rurales (habitat épars au milieu des champs)	II	III	IV	IV	.
0,74	Maisons anciennes en continu (centre des quartiers)	-	-	.	I	.
0,25	Immeubles avec des parcs	II	-	II	.	.
0,50	Immeubles modernes (grandes ensembles)	I	-	-	.	.
0,92	Immeubles anciens en continu (centre ville)	I	I	I	.	.
0,92	Zones industrielles et services)	-	.	.	.	.
0,92	Terrains de sports	-	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu naturel	-	.	.	.	.
0	Ripisylve en contact avec le milieu urbain	-	.	.	.	.

. Unités écologiques non représentées sur le territoire d'étude.
- Absence de chiens sédentaires.

Une classe de basse fréquence (1,02 %) caractérise des milieux très différents et requiert de ce fait une interprétation. L'interprétation ne sera possible que lorsque nous aborderons l'étude comparative de la répartition du vecteur et du réservoir.

Les trois autres classes de fréquence plus forte ne posent pas de problème d'interprétation.

3 - Définition des unités noso-écologiques

Les résultats des deux échantillonnages effectués (vecteurs et réservoirs) prennent toute leur signification si on les confronte. On peut ainsi mettre en évidence quatre types de situation.

- secteurs dépourvus à la fois, de vecteurs et d'hôtes sédentaires (garrigues, milieux naturels, incendiés, etc.). Les 14 secteurs appartenant à cette catégorie sont dénués de tout risque épidémiologique;

- secteur où se manifeste une discordance entre les données concernant l'hôte et celles qui ont trait au vecteur: l'un des deux est absent:

. soit présence de l'hôte et absence de vecteur. Aucune trace de maladie n'y est décelée et un élément de confirmation réside dans l'absence de vecteur (lotissements modernes, maisons anciennes en continu, etc., sans pente ou avec pente faible): absence de risque épidémiologique;

. soit absence d'hôtes sédentaires et présence de vecteurs. C'est essentiellement le cas des secteurs naturels favorables à P. perniciosus et sans habitation. Ces secteurs ne paraissent pas présenter actuellement de risque épidémiologique compte tenu du fait de la non-sédentarité des hôtes. Mais ce sont des secteurs de risque potentiel dans la mesure où ils peuvent être le siège d'une urbanisation d'un type favorable à la prolifération du vecteur dans un avenir plus ou moins proche.

D'autre part, de tels secteurs représentent un danger, dans la mesure où ils sont immédiatement contigus à des secteurs différents dont l'urbanisation est favorable à l'implantation du vecteur (possibilité de migration de phlébotomes d'un secteur à l'autre);

. soit existence de cas avérés de leishmaniose et absence de vecteur.

Il s'agit des secteurs du centre-ville avec ou sans pente. Cette contradiction peut relever de deux explications:

Echantillonnage du vecteur insuffisant par suite des difficultés rencontrées en milieu densément bâti. Cependant, cette hypothèse nous paraît devoir être écartée, compte tenu du fait que nous avons piégé dans les biotopes qui bien qu'insérés dans des milieux urbains nous paraissent tout à fait propices à l'installation de Phlebotomus perniciosus. Or, les piégeages ont été négatifs. Le milieu urbain (sensu stricto) devra faire l'objet d'investigations supplémentaires.

Les populations de Phlébotomus perniciosus sont effectivement absentes et les cas canins proviennent du fait que les chiens du centre-ville peuvent être amenés au sein de milieux favorables péri ou extra-urbain (résidences secondaires), ce qui est très plausible, compte tenu du fait qu'il s'agit de chiens dont les propriétaires appartiennent souvent à des classes sociales aisées. Cette hypothèse rejoint d'ailleurs celle des vétérinaires praticiens que nous avons consultés. Là encore, la contamination serait, en fait, de type péri-urbain.

Il s'agirait donc d'une pathologie d'importation que seules pourraient mettre en évidence des enquêtes précises auprès des propriétaires, mais ce "défaut" inhérent à la méthode aurait été identique dans le cas d'une enquête séro-immunologique non accompagnée d'un interrogatoire précis. De tels secteurs paraissent dénués de tout risque épidémiologique.

Secteurs où il existe une conjonction entre la présence de réservoir et la présence du vecteur. Huit secteurs appartiennent à ce cas de figure. Ce sont les secteurs où les populations de phlébotomes sont les plus abondantes.

Pour un type de structure urbaine donné, le nombre de chiens atteints de leishmaniose augmente proportionnellement à la pente, de la même façon que les populations de Phlebotomus perniciosus.

A titre de confirmation, nous avons comparé statistiquement les résultats obtenus par les deux types d'échantillonnages secteur par secteur (tabl.X et XI). Les résultats obtenus font ressortir une nette corrélation entre la fréquence enzootique relative et la densité vectorielle et permet de définir ainsi 4 niveaux de risque épidémiologique.

TABLEAU X .- Définition des classes de risque épidémiologique (confrontation des deux types d'échantillonnage).

Unités écologiques	38.39.46	28.29	22.23.20.18.30.31	5.6.7.8.9.10.19.21.24.32.40
\bar{Y}	0,1574	0,0927	0,0207	0,0027
P	0,022 *	0,0005 ***		0,0016 **
Classes de risque	IV	III	II	I

Une deuxième confirmation de la validité des zones de risque retenues est obtenue à l'aide du test du logarithme du rapport de vraisemblance. L'interaction chiens leishmaniens - vecteurs est très nettement significative ($P = 0,00192$; $G = 35,751$ pour 15 degrés de liberté). Nous avons cherché à exprimer graphiquement les rapports existants entre les différentes zones de risque statistiquement définies en situant par rapport aux deux axes orthonormés les valeurs obtenues par chacun des échantillonnages (fig. 5).

Le tableau XII rappelle les composantes des diverses classes de risque individualisées.

TABLEAU XI.- Risque épidémiologique lié aux différents milieux. (0: absence d'hôtes sédentaires; I: risque nul; II: risque faible; III: risque moyen; IV: risque élevé).

COS	Structure du milieu (végétale ou urbaine)	Pente								
		0%	5%	5%	10%	10%	20%	20%	30%	30%
0	Strate arborescente	0		0		0		0		0
0	Strate buissonnante	0		0		0		0		0
0	Espaces incendiés	.		0		0		0		0
0	Terrains vagues urbains	0		.		.		.		.
0,15	Parcs publics	0		.		.		0		.
0,25	Zone de maisons individuelles	I		II		III		IV		IV
0,25	Lotissement de maisons modernes	.		I		.		.		.
0,06	Maisons rurales (habitat épars au milieu des champs)	I		II		III		IV		.
0,74	Maisons anciennes en continu (centre des quartiers)	I		I		.		I		.
0,25	Immeubles avec parcs	I		II		II		.		.
0,50	Immeubles modernes (grands ensembles)	I		II		II		.		.
0,92	Immeubles anciens en continu (centre ville)	I		I		I		.		.
0,92	Zones industrielles et services	0		.		.		.		.
0,92	Terrains de sports	0		.		.		.		.
0	Ripisylve en contact avec le milieu naturel	0		.		.		.		.
0	Ripisylve en contact avec le milieu urbain	0		.		.		.		.

. Unités écologiques non représentées sur le territoire d'étude.

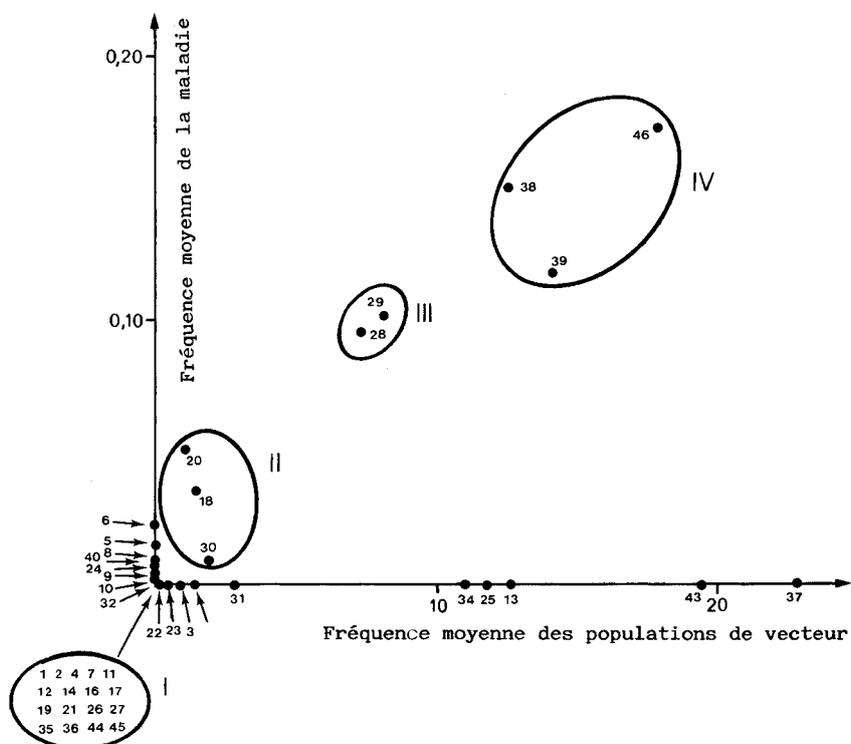


Fig.5.- Individualisation des zones de risque statistiquement définies.

TABLEAU XII.- Composantes des classes de risque distinguées.

Analyse comparée	Vecteurs (abondance)	Hôtes	Fréquence enzootique relative	Risque	
				Classes	Dénomination
0	0 à III	-	0		Risque futur éventuel
0 ⁺	0	+	0	I	Risque nul
1	0	+	II, I		Risque nul*
2	I	+	III	II	Risque faible
3	II	+	IV	II	Risque moyen
4	III	+	V	IV	Risque élevé

* Problèmes inhérents à la méthode.

4 - Expression cartographique

Les résultats sont exprimés sur la trame d'une carte à 1/50 000 de l'I.G.N.. Les différents types de structure urbaine, suffisamment lisibles, n'ont pas été redessinés.

Les zones de risque réel faible, moyen, et fort, sont visualisées par une coloration rouge dont l'intensité croît au fur et à mesure qu'augmente le risque. Les zones de risque potentiel, correspondant aux milieux naturels et à certains milieux urbanisés non habités mais dotés d'une végétation en général non négligeable, sont représentées en vert. Les zones de risque nul ne bénéficient d'aucune coloration particulière. Les forêts soumises à des incendies récents sont repérées grâce à une trame en grisée.

La lecture de cette carte fait apparaître plusieurs types de foyers "urbains" selon le degré d'isolement ou de fusion des différentes zones de risque et selon leurs relations avec les milieux environnants, urbains et ruraux.

Ainsi, on peut distinguer :

- des foyers de type insulaire. Le meilleur exemple est donné par la colline Perrier (4) entourée de toutes parts par un milieu urbain dense ou par la mer, où le risque est nul;

- un foyer quasi-insulaire représenté par le pourtour du plateau de Beaumont, avec diffusion de la maladie sur le plateau lui-même, qui présente encore des accidents de terrain non négligeables. Notons que ce plateau est en contact avec le milieu rural, favorable à *Phlebotomus perniciosus*;

- des foyers péri-urbains situés dans les vallons souvent étroits et encaissés, véritable "flammèches" qui mettent un habitat favorable au développement de la maladie directement en contact avec le milieu naturel riche en vecteur. Ces "flammèches" se répartissent tout autour de l'agglomération marseillaise et peuvent être reliées entre elles par des foyers de flancs de colline;

- des foyers péri-urbains sur flancs de colline sur forte pente: ils sont également en contact avec le milieu naturel, mais ce contact est "polaire" et non généralisé comme dans le cas précédent.

Rappelons que chaque type de foyers est constitué d'une succession plus ou moins prévisible de zones de risque de niveaux différents.

Bien qu'une étude très précise de la répartition des cas humains (l'exploitation des archives hospitalières s'avérant d'ailleurs délicate en l'absence d'interrogatoire précis), il est notable que la plupart de ces cas s'inscrivent dans l'espace péri-urbain. En revanche, les autres arrondissements du centre de la ville sont pratiquement indemnes (cf. LANGE, 1968).

D'autre part, il faut souligner que beaucoup de cas récents se répartissent dans les différents types de foyers évoqués (LANGE, 1968; RAYNAUD, 1975): foyer insulaire de la colline Périer (le vallon Jourdan, par exemple), foyers péri-urbains en flammèches (vallon de la Barasse, vallon des Escourtines, à la Millière, notamment) (4). En revanche, un certain nombre de cas, faute d'une enquête épidémiologique précise, demeurent énigmatiques (Saint-Henri, par exemple).

CONCLUSION. Si les résultats obtenus paraissent satisfaisants, dans la mesure où, sur la base de corrélations statistiques, on aboutit à un document qui permet une

(4) De tels foyers sont d'ailleurs connus depuis très longtemps. Ainsi, des cas humains ont été notés aux Escourtines en 1929, 1932, 1935, 1959 et au Roucas-Blanc, notamment en 1924.

vision synthétique et explicative du foyer de leishmaniose étudié, on peut se demander s'il est possible de transposer les résultats obtenus, sans risque d'erreur, à d'autres villes provençales et par delà le problème de la leishmaniose, si la méthode mise au point à l'occasion de cette étude, peut être employée pour situer et caractériser d'autres foyers de maladie.

A la première de ces questions, il semble qu'on puisse apporter des réponses différentes selon la ville en cause:

- le foyer toulonnais paraît présenter de nombreuses analogies avec le foyer marseillais: même environnement botanique général, mêmes contraintes de développement liées au site (la ville est bloquée au Nord et à l'Ouest, par des reliefs vigoureux -Faron, Coudon, Mont-Caume, Gros cerveau- qui ont rendu nécessaire une urbanisation de flanc de colline. Les cas de leishmaniose cartographiés par BOUSQUET (1981) paraissent se localiser électivement sur ces pentes: 80 % des cas toulonnais étudiés par QUILICI et al. (1975) sont effectivement concentrés sur les pentes sud du Mont-Faron et la vallée de Dardennes, zone d'habitat dispersé, de villas isolées avec jardins en restanques.

D'autres cas sont cependant à envisager, et il importerait, précisément, de faire bénéficier d'études cartographiques précises chacune de ces situations originales:

- le cas des villes comme Aix ou Avignon qui ont pu se développer largement sur des territoires de topographie beaucoup moins tourmentée. Cependant, si, de façon générale, l'urbanisation de ces cités s'inscrit dans un contexte différent, du fait que le site dévolu à l'urbanisation est beaucoup plus ouvert que dans le cas précédent, du moins peut-on constater la tendance à une nouvelle forme d'urbanisation, qui tend à coloniser les collines avoisinant la ville (pour Avignon, il s'agit des hauteurs de Villeneuve-les-Avignon, des Angles, de Morières et de Védène). On peut se demander si les cas de leishmaniose signalés ne sont pas liés, plus particulièrement, à ces situations particulières (répartition polaire de la maladie ?).

- Le cas de Nice, qui paraît beaucoup plus complexe. Il s'agit d'une ville qui connaît actuellement un développement considérable, et ce développement s'effectue de façon privilégiée sur les collines de l'Ouest et de l'Est de la ville qui, dans certains cas, s'avancent jusqu'au rivage et qui n'ont pas subi l'action des incendies. La végétation naturelle est bien préservée et se présente, étant donné l'extension de la ville sur les collines, comme beaucoup plus diversifiée que dans le cas de Marseille. On peut ainsi penser que le foyer niçois est beaucoup plus complexe que le foyer marseillais dans la mesure où il paraît résulter de la juxtaposition d'un foyer de type traditionnel (analogue à celui de Marseille où l'intervention exclusive de P. perniciosus ne fait pas de doute), et d'un foyer, dont l'environnement botanique est différent (série du Chêne pubescent) où l'intervention d'autres phlébotomes (P. ariasi) demeure possible aux côtés de P. perniciosus.

- Le cas des petites agglomérations de l'arrière pays varois, par exemple, où les intrications avec les milieux naturels sont beaucoup plus grandes.

Dans tous les cas que nous venons d'indiquer, de nouveaux essais cartographiques sont justifiés qui donneront peut-être des enseignements différents. Il en est de même pour d'autres grandes villes infestées de leishmaniose dans des conditions biogéographiques différentes (cf. DANCESCO et al., 1968, CHALDI et al., 1970).

De façon plus générale, nous insisterons sur l'intérêt que représente la constitution de documents analogues à celui que nous présentons ici, à une échelle suffisamment grande (le 1/50 000 paraît judicieux), pour que les faits constatés puissent être reliés à un contexte écologique précis. Nous rappellerons ici (fig.6) la méthodologie générale adoptée pour cette étude et qui nous paraît applicable à des maladies vectorielles diverses, à un certain nombre de conditions: le cycle naturel de la maladie (réservoirs, vecteurs, différentes composantes mésologiques) doit être parfaitement connu; la maladie doit être liée, directement, à la densité de population vectorielle; on doit posséder au départ des données pathologiques suffisamment solides et fiables. La documentation existe souvent, mais demeure inutilisable faute d'être située dans un contexte écologique et entomologique suffisamment précis.

Le zonage ainsi obtenu peut permettre à l'hygiéniste de connaître les secteurs sur lesquels pourront porter les efforts de prophylaxie (désinsectisation...) et à l'urbaniste de prévoir les transformations (l'évolution vers une sorte de climax épidémiologique) susceptibles de donner naissance à des secteurs de haut risque.

Cette démarche prendrait, bien évidemment, une autre dimension si on l'appliquait à la connaissance des maladies responsables des grandes endémies "tropicales" (paludisme, trypanosomiasés, filariosés, bilharziosés...). Sur la base d'études écologiques menées par des équipes pluridisciplinaires, l'élaboration de documents à diverses échelles devraient permettre de situer les maladies dans leur environnement physique et biotique (liaison "vecteur-milieu-germe" - populations concernées) et d'intervenir au cours des phases où le cycle peut être le plus facilement interrompu. Un essai probant a d'ailleurs été réalisé par RIOUX sur la bilharziose intestinale en Guadeloupe (RIOUX et al., 1981).

(schéma récapitulatif)
APPLICATION AU FOYER MARSEILLAIS DE LEISHMANIOSE VISCERALE

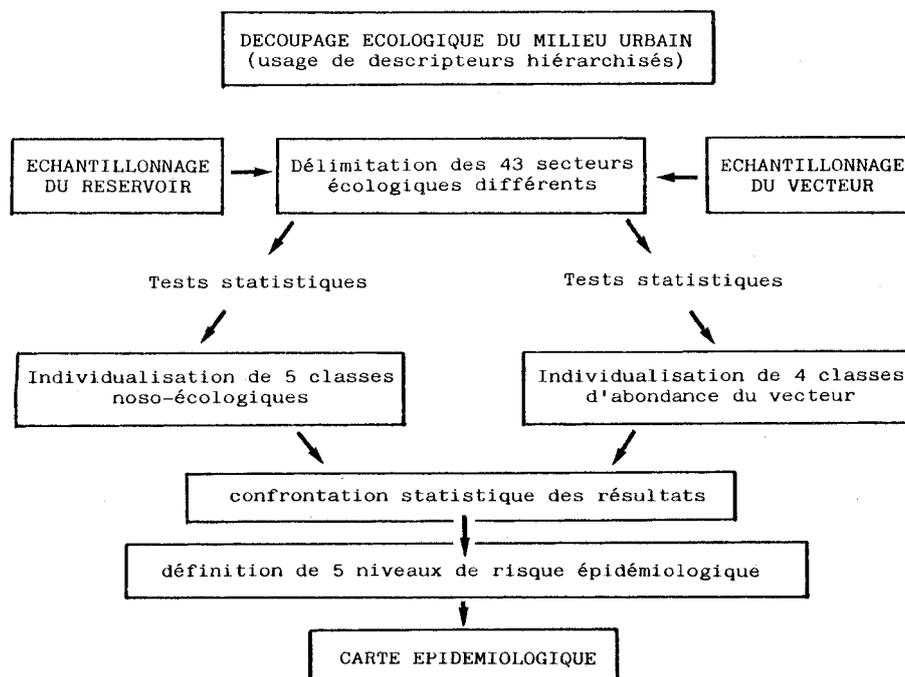


Fig.6.- Les diverses étapes de l'élaboration de la carte épidémiologique.

BIBLIOGRAPHIE

- ADLER (S.) et THEODOR (O.), 1930.- Infection of *Phlebotomus perniciosus* Newstead with *Leishmania infantum*, Nature (7), 430.
- ADLER (S.) et THEODOR (O.), 1932.- Vectors of mediterranean Kala-Azen. Nature, 130-507.
- ADLER (S.), et THEODOR (O.), 1935.- Investiations mediterranean Kala-Azar IX Feeding experiments with *Phlebotomus perniciosus* and other species on animals infected with *Leishmania infantum* Proc. Roy. Soc. B, London, 116, 516-542.
- AUDY (J.R.), 1954.- A biological approach to medical geography. Brit. Med. J., 1, 960.
- BELLEUDY (P.), 1976.- Réservoirs de virus de la leishmaniose viscérale en Provence. A la recherche d'un réservoir sauvage. Thèse Doctorat Méd. Marseille.
- BIOCCA (E.), COLUZZI (A.), CONSTANTINI (R.), 1977.- Distribution des différentes espèces de Phlébotomes en Italie et transmission des leishmanioses et de quelques arboviroses. Colloques Internationaux du CNRS, n°239. Ecologie des Leishmanioses, 157-167.
- BOUSQUET (D.), 1981.- Contribution à l'étude de la Leishmaniose canine dans le Sud-Est français. Etude particulière du foyer toulonnais. Thèse Médecine vétérinaire Lyon, n°3, 84 p.
- CHADLI (A.), ROMAIN (J.L.), HOUISSA (R.) et DANCESCO (P.), 1970.- Les phlébotomes de Tunis ville. Arch. Inst. Past. Tunis, 47 (4), 357-359.
- COLAS-BELCOUR (J.), 1928.- Contribution à l'étude du développement et de la biologie des formes larvaires de Phlébotomes. Thèse médecine, Paris, 93 p.
- CROSET (M.H.), 1969.- Ecologie et systématique des Phlébotomes (*Diptera, Psychodidae*) dans deux foyers, français et tunisien, de leishmaniose viscérale. Essai d'interprétation épidémiologique. Univ. de Montpellier. Fac. des Sciences.
- CROSET (H.), RIOUX (J.A.), LEGER (N.), HOUIN (R.), CADI SOUSSI (M.), BENMANSOUR (N.), MAISTRE (M.), 1977.- Les Méthodes d'échantillonnage des populations de Phlébotomes en région méditerranéenne. Colloques Internationaux du CNRS n°239. Ecologie des Leishmanioses, 139-151.
- DANCESCO (P.), BEN RACHID (M.S.), CHADLI (A.), 1968.- Notes sur les phlébotomes dans les collectivités urbaines et quelques aspects de leur écologie. Arch. Inst. Past. Tunis, 45 (2-3), 177-184.

- DEDET (J.P.), 1977.- Rôle de la cartographie en épidémiologie. Principes généraux. Modalités d'applications. Méd. Mal. Infect. 7, 3, 178-186.
- DUNAN (S.), 1978.- Interprétation des résultats biologiques dans les leishmanioses humaines et canines. Rec. Méd. Vét., 154, 3, 251-261.
- GIACOMO (A.), 1978.- Epidémiologie de la Leishmaniose canine dans les Alpes-Maritimes. Thèse Médecine Vétérinaire, Alfort, 88 p. + annexes.
- GIL COLLADO (J.), 1977.- Phlébotomes et Leishmanioses en Espagne. Ecologie des Leishmanioses. Colloques Internationaux du CNRS n°239, 177-189.
- GILOT (B.), JOUBERT (L.), PAUTOU (G.), 1978.- Enquêtes éco-épidémiologiques pluridisciplinaires en vue de la prévision des maladies contagieuses dans la région Rhône-Alpes avec recherche d'une expression cartographique. Rev. Méd. Vét., 129, (I), 79-99.
- GILOT (B.), PAUTOU (G.), LACHET (B.), MONCADA (E.), CHRISTIN (J.C.), 1979.- La cartographie des populations de tiques exophiles par le biais de la végétation: bases écologiques, intérêt épidémiologique. Doc. Cart. Ecol. (Grenoble), XXII, 65-81.
- GILOT (B.), PUECH (M.), GIREL (J.), (sous presse).- Les Culicidés exophiles et mammophiles dans le Nord de l'Isère: essai de cartographie à visée épidémiologique à grande échelle en période estivale. Bull. Ecologie.
- GILOT (B.), PAUTOU (G.), LACHET (B.), 1981.- La cartographie des populations des tiques exophiles à visée épidémiologique. Essai à 1/200 000 dans la base du Rhône-. Doc. Cart. Ecol. (Grenoble), XXIV, 103-111.
- GIRAUD (P.), BERGIER (P.) et CABASSU (H.), 1939.- Recherches sur l'endémisme de la leishmaniose canine à Marseille. Bull. Mém. Soc. Méd. Hyg Paris, 63, 594-596.
- GIRAUD (P.), RANQUE (J.), CABASSU (H.), 1954.- Epidémiologie de la leishmaniose viscérale humaine méditerranéenne, en particulier dans ses rapports avec la leishmaniose canine. Arch. franç. Pédiatrie, XI, n°4, 337-353.
- I.G.N.-O.P.I.T. (France), 1979.- Incendies de forêts 1979 (échelle : 1/150 000). Département de Télé-interprétation IGN-OPIT. Service Régional d'Aménagement Forestier Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- KIRK (R.) and LEWIS (D.J.), 1940.- Studies in leishmaniasis in the Anglo-Egyptian Sudan III. The sand-flies (Phlebotomus) of the Sudan. Trans. R. Soc. trop. Méd. Hyg., 33, 623-634.
- LANGE (N.), 1968.- Recherches épidémiologiques sur le Kala-Azar dans la région marseillaise. Thèse Doct. Méd. Marseille.
- LANOTTE (G.), 1975.- Le foyer de leishmaniose viscérale des Cévennes. Limites et structures. Essai méthodologique. Thèse Doct. Biologie humaine, Montpellier, 269 p.
- LAVEISSIERE (C.), TOURE (S.M.), 1982.- La répartition de glossines au Sénégal. Carte à 1/2 000 000. Office de la Recherche Scientifique et technique Outre-Mer. Paris, 24 p.
- MAROT (R.).- Pathologie régionale de la France. Paris 2 volumes. T.I.- Régions du Sud et de l'Ouest 1958, 480 p. T.II.- Régions du Nord, de l'Est et du Centre, 1958, 419 p. (Monographies de l'Institut National d'Hygiène, n°16).
- MOLINIER (R.), 1960.- Cartes des groupements végétaux de la France. Feuille d'Aubagne (feuille XXXII, 45) à 1/50 000. Service d'Aménagement forestier de la région Provence-Côte d'Azur, Marseille.
- MOLINIER (R.), ARCHILOQUE (A.), BOREL (L.), DEVAUX (J.P.), LAVAGNE (A.), MOUTTE (P.), 1976.- Feuille de Marseille à 1/200 000. Carte de la végétation de la France, 74.
- MONTIER (B.), 1978.- Contribution à l'étude de la leishmaniose canine de Provence. (Etude particulière du foyer d'Aubagne). Thèse Doct. Vét. Fac. Méd. de Créteil.
- NICOLI (R.M.), 1951.- Phlébotomes de la Corse cristalline. Etude biométrique et critique du Phlebotomus perniciosus Legeri (J. Mansion, 1913) (Nematocera, - Psychodidae). Bull. Soc. Path. Biol., 146, 495-509.
- NICOLI (R.M.), 1952.- Phlébotomes de la Corse. Biologie du Phlebotomus legeri (J. Mansion, 1913) (Nematocera-Psychodidae). C.R. Soc. Biol., 146, 578-580.
- NICOLI (R.M.), 1955.- Essai sur la biologie des Phlebotomidae 2è partie. Anatomie et physiologie imaginale. Observations et expériences sur l'anatomophysiologie imaginale du Phlebotomus perniciosus legeri (J. Mansion, 1913). Thèse Doct. Sc. Nat. Marseille, 2 vol., 371 p.
- NICOLI (R.M.), et NICOLI (J.), 1960.- L'apparition des Phlébotomes adultes en Corse au cours de l'été (Larrousius perniciosus legeri) (J. Mansion, 1913) (Dipt. Nemat. Psychodidae). Données climatiques. Bull. Soc. Ent. Fr. 61, 22-26.
- PARROT (L.), DONATIEN (A.) et LESTOQUARD (F.), 1930.- Sur le développement du parasite de la leishmaniose canine viscérale chez P. major var. perniciosus. Bull. Soc. Path. exot., 23, 7, 724.
- PARROT (L.), 1934.- Transmission naturelle des leishmanioses du Bassin méditerranéen. Bull. trim. S.D.N., 3, 210.
- PARROT (L.), 1935.- Phlébotomes et végétation. Bull. Soc. path. exot., 28, 960-963.
- PRINGAULT (E.), 1920.- Phlébotomes de la région marseillaise. Bull. soc. path. exot., 13, 809-810.
- QUILICI (M.), DUNAN (S.), RANQUE (J.), 1968.- L'immunofluorescence dans les leishmanioses. Comparaison avec la réaction de fixation du complément. Méd. Trop., 28, 37-43.
- QUILICI (M.), DUNAN (S.), RANQUE (J.), ARROYO (H.), AUGIER (M.), RATAMASIO (H.), DETOLLE (P.), ARMAND (P.), SANSOT (M.), AUBERT (L.), 1970.- Etude d'un foyer de

- Kala-Azar toulonnais. Difficultés, diagnostiques et épidémiologie. Gazette des Hôpitaux n°14, 2 mai 1970, 409-412.
- RANQUE (J.), QUILICI (M.), RANQUE (P.) et DUNAN (J.), 1971.- Etat actuel des endémies leishmaniennes humaines et animales dans la région provençale. C.R. du 1er Multicolloque Europ. Parasit., 1970, 175-177.
- RANQUE (J.), QUILICI (M.), DUNAN (S.) et RANQUE (P.), 1972.- Recrudescence de la leishmaniose viscérale méditerranéenne. Intérêt du diagnostic immunologique. Nouv. Presse Méd. I, 20, 263.
- RANQUE (J.), QUILICI (M.) et DUNAN (S.), 1975.- Les leishmanioses du Sud-Est de la France. Ecologie. Epidémiologie. Prophylaxie. Acta Tropica, 32, 371-380.
- RAYNAL (J.) et LE GAC (P.), 1933.- Etude sur plusieurs lots de phlébotomes capturés dans différents quartiers de Marseille. Ann. Parasit. hum. comp., 11, 249-267.
- REYNAUD (J.L.), 1975.- Epidémiologie des leishmanioses en Provence. Thèse Doctorat Médecine. Marseille.
- RIOUX (J.A.), GOLVAN (Y.J.), CROSET (H.), HOUIN (R.), JUMINER (B.), BAIN (O.) et TOUR (S.), 1967. Ecologie des leishmanioses dans le Sud de la France. 1: Les Phlébotomes: échantillonnage, éthologie. Ann. Parasit. hum. comp., 42, 561- 603.
- RIOUX (J.A.), ALBARET (J.L.), HOUIN (R.), DEDET (J.P.), LANOTTE (G.), 1964.- Ecologie des leishmanioses dans le Sud de la France. 2: Réservoirs sylvatiques. Infection spontanée du Renard (Vulpes vulpes). Ann. Parasit. hum. comp., 43, 421-428.
- RIOUX (J.A.), GOLVAN (Y.J.) et coll., 1969.- Epidémiologie des leishmanioses dans le Sud de la France. Monographie de l'INSERM. Paris, 37, 223 p.
- RIOUX (J.A.), LANOTTE (G.), CROSET (H.), HOUIN (R.), GUY (Y.) et DEDET (J.P.), 1972.- Ecologie des Leishmanioses dans le Sud de la France. 3: Réceptivité comparée de Phlebotomus ariasi Tonnoir, 1921 et Rhipicephalus turanicus vis-à-vis de Leishmania denovani. Ann. Parasit. hum. comp., 47, 147-157.
- RIOUX (J.A.), DECAMPS (H.), LANOTTE (G.), COMBES (C.), THERON (A.), PONTIER (J.F.), SEYTOT (S.), DELATTRE (P.) et BOUGEROL (C.), 1977.- Ecologie de la Schistosomose en Guadeloupe. Analyse du système épidémiologique. Documents pour un essai de modélisation. Rev. Epidém. et santé publ. 28, 499-512.
- RIOUX (J.A.), LANOTTE (G.), COUSSERANS (J.), GABINAUD (A.), CORRE (J.T.), 1981.- Ecologie, développement et santé publique. Foyers d'infection et parasitocénose. Stratégies d'enquêtes et d'intervention. Colloque "Ecologie et Développement" 19-20 sept., 1979, Editions du CNRS, 241-284.
- RODHAIN (F.), 1981.- Qu'est-ce que la Nosogéographie ? Méd. et Maladies Infectieuses 11, n°3, 191-201.
- SORRE (M.), 1943.- Les fondements biologiques de la géographie humaine. Armand Colin édit., Paris, 440 p.
- TALIERCIO (Y.P.), SANCHIS (R.) et GIAUFFRET (A.), 1972.- Epidémiologie de la leishmaniose dans le Sud-Est de la France. Rev. Méd. Vét., 123, 10, 1255-1264.

Adresse des auteurs:

- (1) Laboratoire de Botanique et Biologie Végétale de l'Université I de Grenoble et Laboratoire Ecologie et Biogéographie des grands systèmes montagneux" associé au CNRS (LA 242), BP 68, 38402, St-Martin d'Hères, Cédex - France.
- (2) Laboratoire de Parasitologie. Faculté de Médecine, 27, Bd. Jean Moulin, 13005 Marseille - France.
- (3) Centre d'Etudes Nucléaires de Grenoble, Département de Recherche fondamentale, BP 85X, 38041 Grenoble Cédex - France.