

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
Centre de Montpellier, 2051, Avenue du Val de Montferrand — B.P. 5045
34032 MONTPELLIER CEDEX 1 — ☎ 67.61.74.00 — Télex ORST MPL 485 507 F — Télécopie 67 54 78 00

ACCORD CADRE ORSTOM - INSTITUT PASTEUR DE TUNIS

sur le thème :

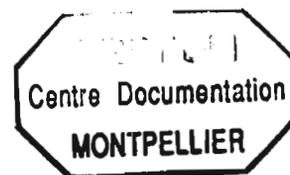
"POTENTIEL DE TRANSMISSION ET RISQUE DE REINTRODUCTION DU PALUDISME EN TUNISIE"

(Volet entomologique)

RAPPORT-BILAN SUR LES ACTIVITES MENEES DE JANVIER 1989 A DECEMBRE 1991

et

PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT



par G. CHAUVET

Entomologiste médical ORSTOM

Directeur de Recherches honoraire

F 35170

**Potentiel de "Transmission et risque de réintroduction
du paludisme en Tunisie"
(Volet entomologique)**

SOMMAIRE

HISTORIQUE	2
MOTIVATION ET BUTS POURSUIVIS	3
I - ACTUALISATION DE LA REPARTITION ET DE LA DISTRIBUTION DES ANOPHELES DE TUNISIE	3
II - DYNAMIQUE DES POPULATIONS LARVAIRES	5
III - MORPHOTAXONOMIE DES ANOPHELES DE TUNISIE	6
IV - INVENTAIRE DES ZONES A RISQUES POTENTIELS DITES RECEPTIVES	6
4.1. Recherche de documents d'archives	
4.2. Examen des cartes climatiques	
4.3. Recueil et exploitation des données entomologiques actuelles	
4.4. Inventaire des zones modifiées par l'homme	
4.5. Reconnaissance approfondie du terrain	
V - ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE LA CAPACITE VECTORIELLE DES VECTEURS POTENTIELS	7
VI - INDICE DE STABILITE D'UN EVENTUEL PALUDISME	11
VII - EFFICIENCE VECTRICE DES VECTEURS MAGHREBINS POUR LES SOUCHES TROPICALES DE <i>P. FALCIPARUM</i>	12
7.1. Motivation	
7.2. Elevage	
7.3. Culture de <i>P. falciparum</i>	
7.4. Essais d'infestation	
7.5. Conclusion	
VIII - FORMATION	15
CONCLUSION	16
DOCUMENTATION	17

"POTENTIEL DE TRANSMISSION ET RISQUE DE REINTRODUCTION DU PALUDISME EN TUNISIE"

(Volet entomologique)

RAPPORT-BILAN 1989-1991 ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

HISTORIQUE :

Une réunion de concertation scientifique entre l'ORSTOM et la DRST tunisienne eut lieu à TUNIS courant 1986. M. le Professeur CHADLI, Directeur de l'Institut Pasteur de TUNIS y assistait.

A la suite de cette réunion, une collaboration fut envisagée entre l'ORSTOM et l'Institut Pasteur en matière d'Entomologie médicale. En mai 1987, M. G. CHAUVET, Directeur de Recherches de l'ORSTOM et par ailleurs Responsable du Centre collaborateur OMS pour la "Surveillance épidémiologique de la Route transsaharienne dans le domaine des vecteurs", est envoyé en mission à l'I.P.T.. Il y rencontre Mme le Pr M.F. KENNOU, Responsable du Service de Parasitologie de l'Institut. Des discussions engagées, il apparaît un intérêt commun pour une étude du "risque de réintroduction du paludisme en TUNISIE" en particulier par la branche tunisienne de la route transsaharienne qui aboutit à HAZOUA (TOZEUR).

En février 1988, M. le Professeur K. DELLAGI, nouveau Directeur de l'I.P.T. donne son approbation à un projet d'accord sur ce thème. Celui-ci est alors préparé d'une part, par Mme le Pr M.F. KENNOU, et d'autre part par M.J. BRENGUES, Directeur délégué du Département Santé de l'ORSTOM et M. G. CHAUVET. Un accord-cadre ORSTOM/IPT pour une période de 2 ans renouvelable d'année en année, est alors signé et prend effet en janvier 1989.

Dans le même temps, un accord de participation financière à ce projet est signé entre le Représentant en TUNISIE du Ministère des Affaires Etrangères français et l'I.P.T. pour une période de 3 ans (1989-1991). Mme le Pr M.F.KENNOU et le Dr. G. CHAUVET sont co-responsables du projet retenu.

Fin 1988, M. B. BOUCHITE, ingénieur de l'ORSTOM en Entomologie médicale est affecté à l'I.P.T.

M. CHAUVET doit effectuer 2 fois par an, des missions de "suivi du projet" d'une quinzaine de jours.

Après 3 ans de développement de l'étude, ponctué par de fréquents rapports (Cf. Documentation), l'affectation à l'I.P.T. de M. B. BOUCHITE prend fin en décembre 1991.

Toutefois, l'ORSTOM reste disposé à intervenir dans ce projet, à la demande, en matière de formation de personnel spécialisé et éventuellement de Conseil ou d'Expertise.

MOTIVATION ET BUTS POURSUIVIS :

Le paludisme a été éradiqué en TUNISIE depuis plus de 15 ans, après plusieurs années de pulvérisations intradomiciliaires d'insecticide. Les campagnes ont débuté en 1968 pour 10 gouvernorats sur les 16 constituant les régions Nord et Centre et, en 1972, pour la région Sud ; elles se sont terminées pour l'essentiel en 1974.

Compte tenu :

1/ des échanges humains de plus en plus intenses entre pays d'endémie palustre et TUNISIE (commerce, tourisme, coopération, réunions internationales ...) ;

2/ de l'existence d'une vingtaine de cas importés annuellement déclarés (ainsi, en 1990, 23 cas dont 14 à *Plasmodium falciparum*, 4 à *P. vivax*, 3 à *P. ovale*, 1 à *P. malariae* avec, pour la moitié des cas à *P. falciparum* et tous les cas relevant des autres espèces, présence de gamétocytes c'est-à-dire du stade infectant pour les Anophèles sensibles) ⁽¹⁾ ;

3/ de la transformation du milieu végétal et humain souvent à grande échelle ;

4/ de la persistance d'espèces anophéliennes potentiellement vectrices.

Il apparaît tout à fait justifié d'évaluer le risque de réintroduction d'un paludisme autochtone dans le pays, au titre de la prévention.

Les études suivantes ont donc été entreprises et se sont déroulées de 1989 à 1991. Les résultats sont présentés ci-dessous, par centre d'intérêt en conservant à l'esprit des préoccupations épidémiologiques (études des causes de la distribution ... éventuelle de cas de Paludisme).

I - ACTUALISATION DE LA REPARTITION ET DE LA DISTRIBUTION DES ANOPHELES DE TUNISIE

I.1. Bilan

La dernière carte de répartition des Anophèles a été établie, assez artificiellement, à partir de données recueillies entre 1968 et 1974, c'est-à-dire **durant** les campagnes d'Eradication du Paludisme pour de nombreuses régions.

Il est bien évident que, depuis, le milieu tant végétal que humain, voire physique, a largement évolué :

Dans le premier cas, on pensera : désertification, surpâturages, culture extensive, culture nouvelle grâce aux forages profonds, barrages hydro-électriques ou hydro-agronomiques avec ses réseaux d'irrigation, barrages collinaires ... ; dans le deuxième, on notera : urbanisation, densité humaine, nature de l'habitat, élevage, réserve d'eau ... ; dans le troisième, on relèvera des transformations édaphiques, topographiques, micro-climatiques ...

(1) Source : Laboratoire de Parasitologie I.P.T.

Ces travaux furent menés tout d'abord par B. BOUCHITE, assisté de M. A. RHAÏEM, Technicien supérieur de l'I.P.T., jusqu'en juin 1989. A cette date, l'équipe fut rejointe par Mlle D. BACH-HAMBA, Assistante en Biologie-Parasitologie de la Faculté de Médecine de TUNIS (Pr. M.S. BEN RACHID). Celle-ci est désireuse de produire une thèse sur la "Chorologie et la Taxonomie des Anophèles". Elle a donc systématiquement accompagné B. BOUCHITE dans ses missions. En 1990, il fut décidé qu'elle prendrait en charge l'exploitation des résultats de ces prospections.

Deux rapports (Cf. Doc. 3 et 6) font succinctement le point sur cette étude à la date du 30 novembre 1990. Les résultats acquis depuis, ne sont donc pas encore disponibles.

De ces rapports, il ressort que l'étude chorologique a bien évolué pendant ces 3 années, particulièrement en 1989 et 1990, grâce à un nombre réellement impressionnant de Km parcourus (près de 60 000) et, de jours de prospection (200) répartis sur les deux années sur l'ensemble du territoire.

Les enquêtes sont basées sur la recherche systématique des gîtes préimaginaux avec description succincte de leurs caractéristiques physico-chimiques, faunistiques et floristiques (constitution d'un herbier encore non exploité).

Plus de 500 biotopes préimaginaux favorables au développement anophélien sont recensés et plus de 2000 prélèvements effectués.

L'aspect dynamique (la distribution des gîtes et de leurs espèces) est assuré par des prospections renouvelées sur certains types de gîtes représentatifs de l'espèce.

La répartition des gîtes est ordonné à partir des données de la carte bioclimatique (Carte I) et des limites administratives des gouvernorats et délégations. Les gîtes prospectés figurent sur la carte informatisée II due à B. BOUCHITE et P. MARTINI. Par contre, en cette fin 1991, un très important travail d'exploitation reste à faire puisqu'il n'est encore disponible que les cartes de distribution au 1/3 000 000 des Anophèles récoltés la première année, en 1989 (Doc. 3) ainsi que 2 exploitations complètes des données, limitées toutefois aux régions de SIDI BOUZID et SEJNANE, régions retenues pour les études de capacité vectrice des Anophèles (Doc. 3, 4 et 5).

Sept espèces sont recensées actuellement : *A. algeriensis*, *A. hispaniola*, *A. labranchiae*, *A. multicolor* et *A. sergenti* parmi les plus courantes et *A. coustani* et le complexe *A. claviger/marteri* en faible densité.

Ces espèces sont classées en pourcentage relatif par régions, altitude et isohyètes dans le Doc. 6.

Un très important travail vient donc d'être effectué. Il était indispensable pour développer la suite des études, mais il doit continuer. En effet, de grandes fluctuations dans la pluviométrie ont eu lieu ces 3 dernières années. Elles déterminent de grandes variations temporo-spatiales des collections d'eau et dès lors, des espèces anophéliennes.

I.2. Perspectives de développement de l'étude

Si la détermination des espèces est pratiquement à jour, l'ordonnancement des données est encore à parfaire pour que les nouvelles cartes et les notices d'utilisation qui devraient les accompagner soient des documents de travail utilisables à petite échelle, à l'échelon local.

Les grandes variations dans le temps et l'espace des divers types de collections d'eau qui dépendent de la climatologie et d'éventuelles interventions de l'homme, imposent que l'on entretienne les observations afin qu'elles conservent un caractère d'actualité. Un tel travail, conduit à petite échelle, ne peut reposer que sur l'activité du personnel local de la D.S.S.B., comme cela se faisait dans le passé, mais dans un esprit renouvelé compte tenu de la révision générale qui vient d'être achevée et avec la supervision effective et suffisamment périodique d'équipes régionales et centrales.

Les difficultés premières d'une telle activité, soutenue, jamais terminée, demeurent bien évidemment dans les problèmes d'organisation dans les services et entre services, dans la formation ou le recyclage de techniciens entomologistes, dans l'aspect logistique.

II - DYNAMIQUE DES POPULATIONS LARVAIRES

II.1. Bilan

L'étude des variations de l'abondance des espèces durant l'année, tout au moins dans son aspect descriptif, est entreprise par D. BACH-HAMBA, mais elle n'a pas connu encore de développement important.

L'intérêt d'étudier les fluctuations de densité des espèces au cours de l'année est épidémiologiquement important, mais les difficultés de normalisation des captures l'est tout autant. Ces difficultés sont abordées dans le Doc. 3.

II.2. Perspectives

Jusqu'à maintenant, ici et ailleurs, on se contente d'appréciations qualitatives concernant la densité des espèces : "l'espèce est rare ou bien dense", "l'espèce semble augmenter ou bien se raréfier", "l'espèce est estivale ou bien automnale" ... Ces appréciations, toutes relatives, présentent une grande perte d'information.

Si ce type d'information limitée, car qualitative, est pour autant si courant, c'est bien évidemment qu'il y a une grande difficulté à l'exprimer sous une forme quantitative. Il conviendrait donc de **savoir mesurer** les "variations de l'abondance" des espèces.

Il faut donc s'attacher à normaliser les captures de sorte que l'on puisse dénombrer assez précisément l'effectif des diverses populations à un moment ou à une période donnée, afin d'apprécier s'il y a réelle augmentation ou diminution de l'espèce considérée d'une période à une autre. Cet aspect dynamique apporte un élément épidémiologique prédictif tout à fait essentiel.

L'estimation se base le plus souvent sur des études larvaires parce que celles-ci ne réclament qu'un matériel très simple et modeste et que les gîtes sont répertoriés pour la plupart. Or, la tâche est particulièrement ardue avec ces gîtes dont la plupart sont semi-permanents ou, dans tous les cas, fluctuants au cours de la saison, avec des surfaces et des contours changeants, une végétation soit flottante soit épigée évolutive. Normaliser des captures dans ces conditions devient très difficile pour les espèces inféodées à ce type de gîte. Il est, de plus, difficilement concevable que l'on puisse pratiquer la méthode sur l'ensemble du territoire. Il devient alors plus pratique d'étudier, plutôt que les densités larvaires, la production de ces gîtes à travers les densités imaginaires obtenues près des gîtes. Il apparaît alors le problème de la représentativité des échantillonnages d'un gîte à l'autre alors que les situations écologiques sont extrêmement variées, beaucoup plus variées que celles afférant aux larves, avec l'intervention de facteurs non maîtrisables d'un gîte à un autre, tels le vent, la densité et la hauteur de la végétation, la présence proche de bétail ... Les essais sur le terrain doivent trancher.

Si mesurer les variations de l'abondance d'une espèce est la première démarche à effectuer, la seconde est d'en **étudier les causes** ou, tout au moins, les facteurs les plus importants, ceux relevant des conditions physico-chimiques environnementales naturelles ou anthropiques d'une part, ceux dépendant de la physiologie propre de l'espèce d'autre part. La maîtrise de ces types d'investigations apporte un élément prévisionnel extrêmement important pour apprécier un des plus importants facteurs de la réceptivité d'une région, à savoir la productivité réelle des gîtes à espèces anophéliennes.

Ces études relèvent du domaine de la recherche et ont peu de chance de devenir opérationnelles. Toutefois, compte tenu de leurs intérêts, il serait très intéressant que quelques stations-témoins judicieusement choisies comme représentatives des différents paysages épidémiologiques soient le centre d'études sur les fluctuations quantitatives des populations anophéliennes et les causes qui les induisent.

III - MORPHOTAXONOMIE DES ANOPHELES DE TUNISIE

III.1. Bilan

C'est le second thème retenu pour la thèse de D. BACH-HAMBA. Une telle étude s'impose pour quelques espèces en fonction des imprécisions ou des observations morphologiques contradictoires entre descripteurs. D'autre part, durant les nombreuses déterminations réalisées après les captures, des différences taxinomiques apparaissent chez certains exemplaires et incitent à approfondir cet aspect fondamental.

C'est ainsi que doit être développée l'étude de populations d'*A. labranchiae* capturés suivant un transect septentrional Est-Ouest, d'*A. sergenti* provenant du Centre, du DJERID et du NEFZAOUA, et enfin d'Anophèles de KROUMIRIE.

III.2. Perspectives de développement de l'étude

Si le but final de l'étude est bien d'obtenir des descriptions morphologiques précises pour certaines espèces et particulièrement celles impliquées dans la transmission, en vue d'améliorer certaines parties des "clés de détermination", les moyens pour y parvenir peuvent être très variés. Ils peuvent relever tout autant d'études biométriques que d'études biochimiques ou génétiques. Ainsi les caractères morphologiques retenus finalement peuvent être tout à fait différents de ceux utilisés jusqu'à maintenant. De telles études réclament un travail d'information sur les technologies "nouvelles" et doit faire l'objet d'un travail de collaboration avec d'autres scientifiques.

IV - INVENTAIRE DES ZONES A RISQUES POTENTIELS DITES RECEPTIVES

Cet inventaire fait l'objet de diverses démarches :

IV.1. Recherche de documents d'archives

- a) Examen des résultats des prospections anophéliennes passées. Ainsi, les registres archivés de l'ancien Laboratoire Central du Paludisme où figurent les résultats des prospections larvaires entreprises de 1949 à 1968, ont pu être étudiés. B. BOUCHITE les a traités sur support informatique. Cette étude a permis de diriger les prospections d'actualisation de la carte de répartition et de découvrir de nombreuses transformations écologiques qui se sont produites entre-temps dans certaines régions (dues en particulier à l'anthropisation du milieu dont l'urbanisation) ;

- b) Examen des données paludométriques de cette époque avant, pendant et après désinsectisation et localisation des zones paludogènes, en particulier celles où des difficultés furent rencontrées c'est-à-dire celles où des facteurs de milieu inhabituels existaient.

IV.2. Examen des cartes climatiques

Examen, tout particulièrement, des températures qui conditionnent la rapidité du déroulement du cycle sporogonique du *Plasmodium* et, concurremment avec la pluviométrie, l'établissement des gîtes larvaires et la durée du développement préimaginal.

IV.3. Recueil et exploitation des données actuelles sur la chorologie des espèces anophéliennes

(Cf. Point I) - Années 1989 et 1990 et, dans une moindre mesure, 1991.

IV.4. Inventaire des zones modifiées par l'homme

Une attention toute particulière est portée aux zones des grands travaux hydro-agricoles ou hydro-électriques, aux zones de cultures extensives et enfin à celles où sont édifiés barrages et lacs collinaires ...

IV.5. Reconnaissance approfondie du terrain

A ces travaux, il convient de lier l'indispensable connaissance du terrain, celle qui permet l'appréciation de l'épidémiologie du paysage. A ce titre, rappelons les 60 000 km parcourus et les 200 jours de prospections.

A cette étude de la réceptivité potentielle, il y a eu lieu d'adjoindre celle de la vulnérabilité du pays en matière d'importation du paludisme ; une attention particulière est portée aux zones réceptrices correspondant aux environs et aux arrière-pays des aéroports, des ports maritimes et des postes routiers ainsi qu'à certains lieux de concentrations des étrangers (en particulier étudiants, lycéens...) provenant de pays impaludés.

La complexité de l'analyse est telle que celle-ci ne peut être considérée comme terminée sur l'ensemble du territoire. De toutes façons, les situations sont en continuelle évolution et demandent un suivi permanent.

Cependant, c'est à la suite de cet énorme travail que deux premières régions sont apparues représentatives de conditions de réceptivité suffisamment intéressantes pour être retenues comme zones-témoins : JOUMINE dans la région du nord et SIDI-BOUZID MAKNASSY dans la région du Centre. La première est le domaine d'*A. labranchiae*, la seconde est celui d'*A. sergenti* et d'*A. multicolor*.

V - ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE LA CAPACITE VECTO-RIELLE DES VECTEURS POTENTIELS

V.1. Bilan

B. BOUCHITE a présenté ce projet, auquel s'associa M. F. KENNOU, dès le second semestre 1990. Programmation, planification et prévisions financières et logistiques étaient présentées dans les documents 4 et 5 datés respectivement de Sept. et Nov. 1990.

Ces travaux réclamaient un minimum de personnel d'encadrement et de maîtrise formé à l'étude du comportement anophélien. Ce personnel n'existait plus en TUNISIE depuis de nombreuses années. Il fallait donc en sélectionner et en former.

Grâce à l'essentiel appui de la DSSB et singulièrement de sa direction régionale de SIDI BOUZID, ce personnel fut sélectionné mais des lenteurs administratives et des difficultés pour trouver des ressources financières nationales ne permirent pas sa formation en temps voulu. Celle-ci se fit "sur le tas", tâche supplémentaire pour B. BOUCHITE déjà accaparé par l'ensemble des autres problèmes.

Malgré ces difficultés et celles relevant d'une façon générale à tout **programme nouveau**, les travaux accomplis font honneur à son Responsable puisqu'ils apportent des données essentielles, totalement originales, pour l'évaluation du risque palustre en TUNISIE et par extension au MAGHREB.

Ce risque est apprécié par la détermination des Indices de Capacité Vectorielle (I.C.V.) des Anophèles sensibles aux *Plasmodium* (Document 9).

Cette méthode est la seule disponible pour cette estimation quantitative en l'absence de transmission.

Le compte-rendu des travaux, où par "convenance" B. BOUCHITE a tenu à faire apparaître les noms des co-responsables de l'ensemble du programme, présente une riche iconographie qui facilite la compréhension du texte et souligne l'importance des facteurs de milieu favorables ou non à une transmission potentielle.

Les données essentielles à retenir sont les suivantes :

- Pour l'ensemble des espèces, la **zoophagie prime l'anthropophagie** et semble toujours pouvoir s'exercer, chaque famille possédant son propre bétail parqué près de son habitation. *A. sergenti* apparaît plus zoophage qu'*A. multicolor*, celui-ci l'étant plus qu'*A. labranchiae*.
- Le contact Homme-Animal se produit essentiellement à l'extérieur des habitations, puisque la majeure partie de la population dort à l'extérieur durant la saison chaude qui apparaît la plus favorable aux fortes densités anophéliennes ; **exophagie "obligatoire"**.
- Durant la saison chaude de Juin à Septembre, *A. multicolor* et *A. labranchiae* sont présents alors qu'*A. sergenti* n'apparaît en forte densité qu'à partir d'Août.

Les taux de parturité sont calculés comme il se doit, sur les seuls échantillonnages correspondant à la fraction anthropophage des populations anophéliennes. Ils n'ont été déterminés, faute de personnel hautement qualifié et en nombre suffisant, qu'à partir de la technique simple de DETINOVA ce qui représente une certaine perte d'information.

Ces taux varient largement suivant les différents échantillonnages d'espèce et, pour une même espèce, d'un mois à l'autre, d'une station à l'autre. Ces observations, par ailleurs attendues, soulignent qu'il faut se garder de regrouper les données entre stations, même d'une seule région. **La transmission est un phénomène local et doit être étudiée comme tel.**

Dès lors, certains échantillons ont des tailles faibles qui nuisent à leur représentativité.

L'obtention des taux de parturité ont permis de calculer les taux de survie journalier sur la base d'un cycle gonotrophique de 2,5 jours. Ce chiffre n'est qu'une moyenne probable mais non démontrée faute de temps et surtout de matériel biologique suffisant.

Les taux de survie quotidiens calculés semblent en général plus faibles chez *A. multicolor* que chez *A. sergenti*, ces derniers étant à leur tour plus faibles que ceux d'*A. labranchiae*. Certains, **chez *A. labranchiae* et chez *A. sergenti*, peuvent être très élevés**, proches de 0,90 ce qui représente une excellente possibilité vectrice.

Parmi les cas de paludisme actuellement importés ou ceux, autochtones, connus avant les campagnes d'éradication, on retrouve les 4 espèces plasmodiales. Or, ce qui est important épidémiologiquement est la probabilité de survie durant la durée du cycle sporogonique de tel ou tel *Plasmodium*. Ces durées sont différentes entre espèces plasmodiales et, pour une même espèce, suivant la température. Les probabilités de survie sont donc calculées en fonction d'une espèce plasmodiale et d'une température (c'est-à-dire d'un mois) retenues. Il en est de même pour l'espérance de vie infectante après apparition théorique des sporozoïtes.

Les différentes données mensuelles, lorsqu'elles sont disponibles en totalité pour une même espèce, sont "synthétisées" par le calcul de l'Indice de Capacité Vectorielle (I.C.V.) qui est le produit de ces différents paramètres. Elles sont présentées dans un tableau récapitulatif inséré dans le texte (Doc. 9).

Les I.C.V. mensuels correspondent à la température moyenne dudit mois. A cette température s'attache une durée donnée de cycle sexué d'un *Plasmodium* particulier et donc d'une espérance de vie infectante spécifique. Ainsi les durées de 8 à 15 jours ont été retenues pour tenir compte des différentes espèces pouvant être rencontrées en TUNISIE. (Des références en bas de tableau rappellent les espèces plasmodiales concernées). Plus la température est élevée, sans toutefois dépasser la limite d'une trentaine de degrés, plus la durée du cycle sporogonique est faible et plus les valeurs de l'I.C.V. augmentent.

Tous les I.C.V. mensuels n'ont pu être calculés pour les trois espèces anophéliennes en fonction de données incomplètes, sinon absentes, correspondantes. Dès lors aucun total des I.C.V. pour un mois donné, n'a pu être établi.

D'une façon générale, **les I.C.V. estimés sont faibles** et certains sont même en-dessous du seuil critique fixé à 0,01 (*A. sergenti* en Septembre et Octobre). Il en ressort qu'il est probable que même s'ils pouvaient être additionnés, leur somme demeurerait faible.

Il est intéressant de considérer les raisons de ces faibles indices. Elles procèdent soit de l'éthologie de l'espèce anophélienne soit de sa physiologie.

Le premier facteur, comportemental, est la faible anthropophagie générale. Elle se traduit par un faible taux d'agressivité (ma) observé sur la fraction de la population agressive à l'extérieur, pour les espèces essentiellement exophages, et un faible mode d'agressivité (a) dont nous rappelons qu'il est le produit de la fréquence d'alimentation (elle a été retenue égale à 2,5 soit 0,40 repas/jour) et de l'indice d'anthrophilie évalué suivant les captures sous moustiquaire - piège à appâts Homme ou Ane ; cet indice est souvent très faible.

Le second facteur, physiologique, relève de la propension qu'a une espèce à présenter des taux de survie journalier plus ou moins importants, ceux-ci pouvant être, néanmoins, favorisés par les facteurs environnementaux.

Il faut aussi remarquer que la faible anthropophagie reconnue pour les 3 espèces durant tous les mois de cette "année entomologique 1991" n'est que relative. Dans certaines conditions climatiques et édaphiques, l'anthropophagie peut n'être que faible qualitativement, relativement à la zoophagie mais forte en nombre absolu. Dans un tel cas a ne varierait pas mais ma pourrait être élevé voire très élevé ce qui retentirait d'autant sur l'I.C.V..

Ces divers commentaires permettent d'inviter les **Responsables de la Surveillance** à une grande vigilance.

Si la situation qui prévaut actuellement en TUNISIE correspond bien à un "**Anophélisme sans paludisme**" du fait d'une très importante déviation zoophagique qui peut toujours s'exprimer compte tenu de la présence constante d'un bétail péri-domestique (Ane, mouton ...) et d'un taux d'agressivité modeste pour l'homme, cette situation n'est pas figée ; que sera-t-elle demain avec une conjoncture climatique plus favorable ? Il faut aussi tenir compte que malgré des I.C.V. faibles tenant au terme ma², on note, certains mois, en particulier en Août, des probabilités de survie journalier (p) très élevées (ainsi 0,90 pour *A. sergenti* et pour *A. labranchiae*).

Enfin rappelons que les températures élevées, habituelles, permettent un déroulement rapide du cycle sexué des Plasmodiums, en particulier de *P. vivax* et *P. falciparum* qui correspondent respectivement à 8 et 10 jours seulement à 28°C.

En définitive, cette première étude, innovante non seulement en TUNISIE mais aussi au MAGHREB nous apparaît très importante. Si les observations de cette première année sont quelquefois limitées quantitativement et ne permettent dès lors que des approches, elles permettent néanmoins d'**analyser** les raisons de la "**bonne**" **situation actuelle** et en même temps de comprendre sa **précarité**. Elle doit inciter à poursuivre et étendre ce type d'étude pour **assurer une vraie politique de surveillance**.

V.2. Perspectives de développement de l'étude

La difficulté essentielle est donc d'obtenir, malgré des indices d'agressivité pour l'homme naturellement faibles, des effectifs suffisamment importants afin d'assurer la sûreté de la détermination du taux de parturité qui, nous le rappelons doit correspondre, pour une même espèce, à un seul mois et à une seule station.

L'augmentation des effectifs capturés sur homme peut être obtenue en multipliant les équipes de captures. Toutefois, une limite est vite atteinte, ne serait-ce que financièrement.

Il serait plus intéressant d'utiliser pour déterminer le taux de parturité, un **échantillonnage complémentaire** qui serait identique en âge physiologique à la fraction de la population anophélienne agressive anthropophile. Cet échantillonnage pourrait être celui obtenu en faune résiduelle du petit matin. Toutefois, ces populations qui se sont montrées très exophages risquent d'être peu endophiles. Mais ce comportement reste à démontrer. En effet, l'exophagie constatée n'est peut-être, sinon sans doute, qu'une exophagie de circonstance induite par la préférence zoophagique. Par ailleurs, il y a une difficulté certaine à pénétrer dans les habitations compte tenu de la répugnance des habitants à ce que l'on pénètre chez eux en particulier au petit matin, période particulièrement intime de la vie familiale. En conséquence, il faut aussi expérimenter la valeur représentative d'échantillons obtenus par d'autres méthodes. Ce peut être les captures obtenues par moustiquaire-pièges à appâts homme (qui est protégé par une première moustiquaire, elle-même recouverte par une seconde moustiquaire) ou bien par appât animal commun après s'être assuré, lors de nombreux essais, que le taux

de parturité est identique. Ce peut être aussi des échantillonnages obtenus par des pièges C.D.C.. Bien qu'en général les spécimens obtenus ne soient pas représentatifs de l'âge physiologique moyen de la population naturellement anthropophage, l'essai peut être tenté avec l'adjonction de dégagement de CO₂ obtenu à partir de glace carbonique et sans lumière.

VI - INDICE DE STABILITE D'UN EVENTUEL PALUDISME

L'indice de stabilité (I.S.) proposé par MAC DONALD (1957) relève uniquement de facteurs entomologiques. Il correspond au nombre de piqures sur homme exécutées en moyenne par un anophèle durant sa vie.

L'I.S. correspond au rapport $a/-\log_e p$ avec a produit du rythme de repas de sang et du taux d'anthrophilie et p , probabilité de survie journalière (cf paragraphe précédent).

On admet qu'un I.S. inférieur à 0,5 correspond à un paludisme instable,

qu'un I.S. compris entre 0,5 et 2,5 correspond à un paludisme de stabilité moyenne

et qu'enfin un I.S. supérieur à 2,5 correspond à un paludisme stable.

Les I.S. sont calculés ci-dessous pour les différentes espèces à partir des données du rapport BOUCHITE.

	<i>A. multicolor</i>			<i>A. sergenti</i>			<i>A. labranchiae</i>	
	Juillet	Août	Sept.	Août	Sept.	Oct.	Août	Sept.
a	0,08	0,07	0,03	0,03	0,04	0,06	"0,16"	"0,06"*
p	0,38	0,44	0,511	0,89	0,53	0,57	0,88	0,95*
$-\log_e p$	0,967	0,820	0,673	0,116	0,634	0,562	0,127	0,051
IS	0,08	0,08	0,04	0,26	0,06	0,10	1,25	1,17

* Pour les besoins de la démonstration, a est afférent à JOUMINE et p à AIN EL YOUDI, station proche.

Suivant ces résultats, un hypothétique paludisme nouveau serait particulièrement instable s'il était dû à *A. multicolor* et *A. sergenti* et d'une relative stabilité s'il relevait d'*A. labranchiae*.

Nous avons relevé que si p pouvait varier dans de larges mesures suivant les mois, a restait, dans tous les cas, faible en fonction d'un taux d'anthrophilie particulièrement bas. C'est la raison essentielle de l'instabilité établie.

VII - EFFICIENCE VECTRICE DES VECTEURS MAGHREBINS POUR DES SOUCHES TROPICALES DE *P. FALCIPARUM*

Cette étude n'a pas encore donné lieu à rapport. Elle a été menée au laboratoire des Grandes Endémies du Centre ORSTOM de MONTPELLIER en collaboration avec l'Institut Pasteur de TUNIS en 1989 et 1990.

7.1. Motivation

Initialement, le thème fut retenu dans le cadre de la "Surveillance épidémiologique de la route transsaharienne" dont une des branches aboutit à HAZOUA à l'ouest de NEFTA-TOZEUR, en provenance des oasis algériennes d'EL OUED-TOUGGOURT-OUARGLA. En 1990, suivant des sources du Ministère de la Santé, 39 303 personnes ont transité à ce poste-frontière, 19 898 (soit 40%) l'ont fait durant l'année entomologique (juin-octobre). Cinquante cas de paludisme importé ont été dépistés en TUNISIE cette année là et parmi ceux-ci 4 (soit 8%) avaient transité par HAZOUA.

En moyenne, une dizaine de porteurs de gamétocytes de *Plasmodium falciparum* est dépisté annuellement en TUNISIE.

Lorsque, comme dans la plupart des cas, les enquêtes épidémiologiques aboutissent, elles montrent que les porteurs proviennent tous de la ceinture tropicale soit qu'ils y vivent soit qu'ils y aient transité.

Ces porteurs de gamétocytes sont donc potentiellement infectants pour d'éventuelles anophèles qui seraient **susceptibles** à ces souches importées. Tout le problème est ainsi posé.

Le problème s'impose d'autant plus que dans un passé récent, *P. falciparum* circulait parfaitement au MAGHREB et donc, en TUNISIE. Ces souches étaient-elles maghrébines d'origine ou étaient-elles maghrébines secondairement c'est-à-dire un variant génétique issu d'une souche initialement tropicale ? Quelque soit la réponse, il demeure que l'on doit envisager d'une part, que ce qui s'est produit dans le passé puisse se produire à nouveau et d'autre part, tenir compte des nouvelles conditions de circulation des parasites qui pourrait être un facteur fondateur.

Cet aspect génétique du problème est actuellement étudié à l'ORSTOM/MONTPELLIER au laboratoire de Génétique du Dr TIBAYRENC par une thésarde tunisienne, Melle Souha BEN ABDERRAZAK en collaboration avec des équipes de terrain ORSTOM dispersées en Afrique tropicale.

La thèse doit être présentée après 3 ans de travail en Septembre 92. Il en ressort actuellement que "le problème de la structure des populations et de la définition des souches de *P. falciparum* est toujours totalement ouvert : des lignées uniparentales pourraient co-exister avec des lignées sexuées, et la situation pourrait varier d'un lieu à l'autre" (loc. cit.).

A. labranchiae est l'une des espèces relevant du complexe anophélien *maculipennis*, tout comme le sont les espèces *A. atroparvus*, *A. maculipennis*, *A. melanoon*, *A. sacharovi* et *A. messae*.

Un certain nombre d'expériences semble montrer que des populations d'*A. atroparvus* et *A. messae*, originaire d'EUROPE ne peuvent s'infecter avec des souches de *P. falciparum* d'Afrique tropicale.

Se référant aux articles de RAMSDALE et COLUZZI (1975) et de ZULUETA, RAMSDALE et COLUZZI (1975b), MOUCHET (1989) repousse l'éventualité qu'*A. labranchiae* d'ALGERIE puisse infecter sur les souches tropicales importées. En fait, les auteurs cités n'ont nullement manipulé avec *A. labranchiae* d'ALGERIE mais avec *A. labranchiae* d'ITALIE. Dès lors, l'amalgame entre population d'origines aussi différentes reste à démontrer. On pourrait même souligner que les essais réalisés avec des populations européennes n'ont pas été totalement déterminants. En effet, suivant les précédents auteurs, quelques spécimens de populations d'*A. atroparvus*, bien que d'origine européennes, ont présenté, lors d'essais d'infestation avec des souches tropicales, à tout le moins des oocystes, à défaut de sporozoïtes. Il en fut ainsi avec *A. atroparvus* originaire d'ITALIE avec une souche de *P. falciparum* provenant du KENYA et d'une autre population du PORTUGAL avec une souche de *P. falciparum* issue d'ANGOLA.

Soulignons enfin, que même si une population algérienne, tunisienne ou, plus largement, des populations maghrébines étaient expérimentées prochainement, la démonstration ne serait convaincante qu'après avoir utilisé plusieurs souches tropicales de *P. falciparum* et en particulier celles rencontrées à la bordure saharo sahélienne, au Nord MALI et au Nord NIGER, aux issues de la route transsaharienne.

En définitive, il apparaît qu'on ne peut repousser l'éventualité qu'une souche tropicale importée de *P. falciparum*, qui peut avoir de multiples origines, ne puisse infecter quelques spécimens d'une population d'*A. labranchiae* dont les origines paléarctiques méditerranéennes peuvent être également très différentes. Ainsi en TUNISIE l'espèce est rencontrée du bio climat méditerranéen humide à hiver tempéré et doux au bioclimat aride à hiver frais. C'est en partant de ce postulat que cette étude de longue haleine fut entreprise.

L'implication des deux autres espèces, *A. sergenti* (s.s.) et *A. multicolor* dans la transmission de *P. falciparum* ne pose pas les mêmes problèmes. En effet, leurs distributions africaines sont beaucoup plus étendues que celle d'*A. labranchiae*. Ces espèces sont en effet rencontrées dans les oasis sahariennes, jusqu'au HOGGAR pour *A. sergenti sergenti* et jusqu'à la ceinture sahélienne pour *A. multicolor* (CHAUVET et al., 1990). Si, sur des caractères épidémiologiques, le rôle de *A. sergenti* ne fait pas de doute, celui d'*A. multicolor* est moins évident bien que souvent signalé.

Le programme consistait à :

- Créer des élevages des espèces tunisiennes concernées : *A. labranchiae*, *A. multicolor*, *A. sergenti* et d'une espèce-témoin, *A. gambiae*, vecteur avéré, provenant du BURKINA FASO (ORSTOM-BOBO-DIOULASSO)
- Etablir des cultures *in vitro* de différentes souches de *P. falciparum*
- Effectuer enfin des essais de transmission.

7.2. Elevages

- . Ce travail fut confié dans son déroulement quotidien à M. ABID Salem, pharmacien tunisien qui en fait compte-rendu dans un mémoire de DEA (Doc. n°10)
- . Les espèces tunisiennes, récoltées puis envoyées par B. BOUCHITE, parvenaient, au gré des possibilités de convoyage, sous forme de larves ou nymphes entretenues en bocaux ou d'adultes conservés en pots cartonnés ou plastiques.
- . Les 3 espèces maghrébines se sont révélées eurygames, c'est-à-dire qu'elles ne s'accouplaient pas dans l'espace restreint des cages. Les élevages devaient donc être renouvelés à partir de nouveaux envois.

Toutefois quelques rares pontes ont été obtenues : 4 pontes pour une centaine de femelles d'*A. labranchiae*, 2 pontes pour une trentaine de femelles d'*A. multicolor*. Aucune ponte de la première espèce n'a évolué ; disséquées, les femelles montrèrent des spermathèques vides. Par contre, 1 des 2 pontes de la seconde espèce a évolué et a permis d'atteindre une F2.

Pour contourner cette eurygamie des essais d'insémination artificielle ont été tentés mais ils n'ont pas été concluants. Cette difficulté, quoique gênante, n'interdisait pas les essais d'infestation puisque les 3 espèces survivaient sous forme adulte plus d'un mois d'une façon tout à fait générale, temps largement suffisant pour permettre le déroulement d'un cycle sporogonique (12 jours environ à la température de l'insectarium pour *P. falciparum*).

En ce qui concerne *A. gambiae*, l'espèce est suffisamment sténogame pour être entretenue en cycle fermé.

Une autre difficulté, plus grave, fut la faible appétance des anophèles maghrébins pour les divers hôtes proposés, cobaye, lapin, homme. Toutefois une certaine anthropophilie est apparue, surtout marquée chez *A. sergenti*.

7.3. Culture de *P. falciparum*

La première culture fut lancée à partir d'une souche de laboratoire, très gamétocytogène, NF54 (*NIJMENGEN FALCIPARUM*) fournie par le Dr BOUDIN du laboratoire de Parasitologie de Grenoble, sous la responsabilité de Melle N. AGBESSI, interne en pharmacie qui en a fait sa thèse. Après avoir eu à dominer quelques difficultés, des gamétocytes au stade V, morphologiquement mûrs, ont été obtenus.

Une seconde culture de *P. falciparum*, souche RICHARDS, fournie par le Dr VIAL de l'INSERM-Montpellier fut également maîtrisée mais n'a pas été employée.

7.4. Essais d'infestation

Ils ont fait appel à la technique bien maîtrisée des repas à travers membrane (Parafilm) de solution sanguine parasitée, maintenue à 37°C, contenant environ 200 à 300 gamétocytes/mm³.

Six essais ont été réalisés en 1989, utilisant 232 femelles. Seules 22 se sont correctement gorgées pendant les 30 mn dont elles disposaient : 17 *An. gambiae* / 181 et 5 *A. labranchiae* / 12. Aucune femelle d'*A. sergenti* / 18 et d'*A. multicolor* / 21 n'ont voulu se gorger.

Un nouvel essai a été accompli en Fév. 90 avec *A. gambiae* seulement.

Lors des 6 premiers essais aucun oocyste n'a été décelé sur les estomacs examinés 7 à 10 jours après engorgement. Par contre, lors du 7^e essai, 4 *A. gambiae* / 12 présentaient des oocystes, respectivement 2, 3, 3 et 1.

7.5. Conclusion

On ne peut évidemment rien conclure concernant les éventuelles infestations des espèces maghrébines. Les essais qui ne faisaient que débiter, auraient dû se poursuivre mais ce ne fut pas possible faute de personnel de maîtrise et du départ, pour raison de santé, du chercheur initiateur du programme qui n'eut pas de remplaçant.

La solution la plus simple pour aboutir à des résultats, serait d'importer des lots d'espèces maghrébines dans un laboratoire bien organisé situé en région d'endémie palustre tel celui de la Faculté de Médecine de BAMAKO. On pourrait éviter ainsi le problème des cultures de souches plasmodiales et disposer de nombreux porteurs de gamétocytes d'origines diverses et bien contrôlées dont certains pourraient provenir des régions saharo-sahéliennes..

VIII - FORMATION

Pendant le déroulement de ce programme plusieurs types de personnel furent formés :

- Techniciens :

M. A. RHAJEM de l'I.P.T. a ainsi eu l'opportunité de compléter ses connaissances entomologiques, jusque là tournées vers les prospections larvaires et les déterminations taxinomiques des culicidés, au niveau des études comportementales et de leurs organisations sur le terrain. Ce surcroît de compétence en fera sans doute, compte tenu de son sérieux, un des piliers du laboratoire d'Entomologie.

MM. Z. BELGACEM et A. DHOUB de la DSSB ont acquit de leurs côtés des compétences entomologiques de terrain toutes nouvelles, qui doivent en faire le "noyau dur" des équipes travaillant dans la Région de SIDI BOUZID.

- Chercheurs ou assimilés :

Mlle D. BACH HEMBA a pris la "mesure" du terrain, lors des nombreuses prospections réalisées en compagnie de B. BOUCHITE et a bénéficié d'un stage de formation de 3 semaines à l'ORSTOM/MONTPELLIER en matière de systématique des culicidés assistée par ordinateur (Déc. 1990). Cette technique nouvelle appliquée aux Anophèles de TUNISIE devrait conforter sa thèse.

M. S. HABID a donc obtenu durant l'année scolaire 88-89 un mémoire de DEA préparé à l'ORSTOM/MONTPELLIER (cf. documentation).

Mlle S. BEN ABDERRAZAK termine sa thèse après 3 années passées à l'ORSTOM/MONTPELLIER. La soutenance devrait se situer vers Septembre 92.

Le Docteur A. BOUATTOUR qui vient d'être recruté pour prendre la responsabilité du laboratoire d'Entomologie de l'I.P.T. a participé, pendant une semaine, aux opérations entomologiques conduites par B. BOUCHITE dans la région de SIDI BOUZID. Pris en charge par l'ORSTOM, il va partir rejoindre une équipe ORSTOM en poste au CAMEROUN où il parachevera sa formation pendant 4 mois sous la responsabilité de P. CARNEVALE.

Pour conclure ce chapitre, l'ORSTOM a renouvelé aux autorités tunisiennes sa disponibilité en matière de formation et d'expertise.

CONCLUSION

Durant les trois années du programme, un considérable travail a été réalisé avec des moyens pourtant très modestes tant financiers que logistiques et en personnel.

Ce travail est tout à l'honneur de l'INSTITUT PASTEUR de TUNIS qui l'a décidé, de l'ORSTOM qui l'a soutenu bien au-delà de ce qui avait été prévu, des hommes qui l'ont développé.

Il y a d'abord un renouveau de l'ENTOMOLOGIE, discipline essentielle et incontournable dans un pays exempt de transmission mais très vulnérable et possédant de nombreuses et variées zones réceptrices. Renouveau à travers des études entreprises avec méthode et continuité. Renouveau à travers les hommes nouvellement initiés et l'équipe qu'ils vont former. Renouveau à travers la volonté de poursuivre les études et de s'en donner les divers moyens.

Il y a ensuite, une prise de conscience accrue chez les responsables, des dangers potentiels que présente l'évolution des situations épidémiologiques du fait de l'Homme, du fait du milieu qui s'anthropise.

Il y a enfin apparition d'une Coordination, mieux, d'une Collaboration plus forte entre d'une part services techniques IPT-DSSB et d'autre part entre ceux-ci et organismes financiers telle l'ANPE, voire le Ministère français des affaires étrangères.

Pour nous tous qui auront participé à ce programme, l'heure est à l'optimisme en matière de l'indispensable SURVEILLANCE DU PALUDISME et TUNISIE.

DOCUMENTATION

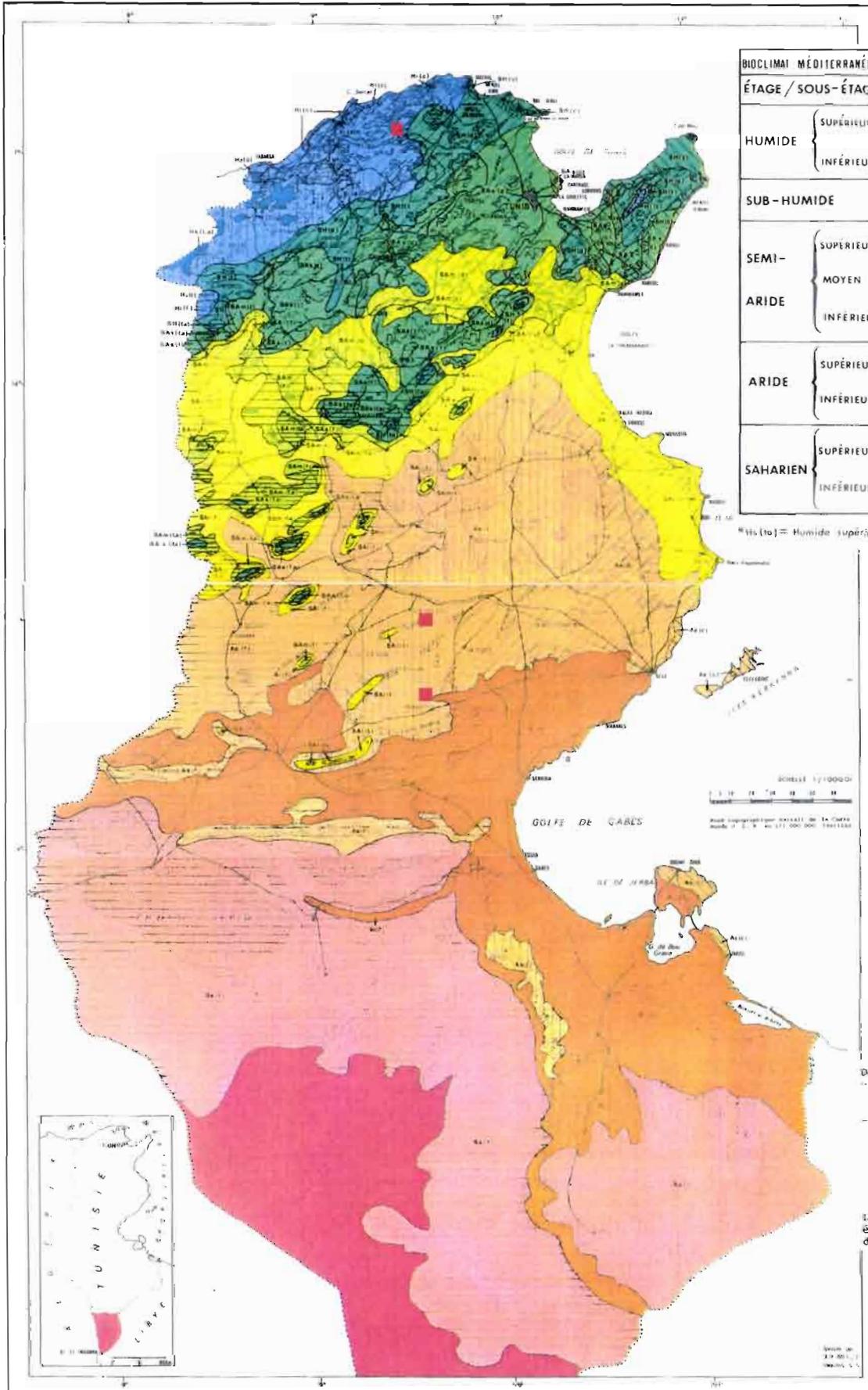
1. BOUCHITE (B.), 1989 - Rapport d'activité préliminaire n°1. ORSTOM/IPT, Tunis, 10.05.89, 14 p. multigr.
2. BOUCHITE (B.), KENNOU (M.F.), 1989 - Rapport d'activité préliminaire n°2, ORSTOM/IPT, Tunis, 21.11.89, 14 p. multigr.
3. BACH-HAMBA (D.), 1989 - Contribution à l'étude des Anophèles de Tunisie ; chorologie et systématique. Rapport de recherche IPT, Tunis, 12 p. multigr.
4. BOUCHITE (B.), BACH-HAMBA (D.), RHAJEM (A.), 1990a - Risque de réintroduction du Paludisme en Tunisie. Résultats préliminaires et perspective d'étude de la "Capacité Vectorielle" des vecteurs potentiels du Paludisme de la région de Tunisie Centrale (Maknassy). ORSTOM.IPT, Tunis, 20/10/90, 21 p. multigr.
5. BOUCHITE (B.), BACH-HAMBA (D.), 1990b - Risque de réintroduction du Paludisme en Tunisie. Résultats préliminaires et perspective d'étude de la "Capacité Vectorielle" des vecteurs potentiels du Paludisme de la région Nord-Ouest (Sejnane, Joumine, Nefza). ORSTOM/IPT, Tunis, 8/11/90, 27 p. multigr.
6. BACH-HAMBA (D.), BOUCHITE (B.), RHAJEM (A.), 1990 - Etude chorologique et morphotaxonomique des Anophèles de Tunisie. IPT, Tunis, 30/11/90, 30 p. multigr.
7. BOUCHITE (B.), 1991a - Etude de la Capacité Vectorielle des Anophèles de Tunisie. Rapport préliminaire du 16.08.91. ORSTOM/IPT, Tunis, 30 p. multigr.
8. BOUCHITE (B.), 1991b - Evaluation pour la mise en place d'une stratégie de surveillance sur le risque de réintroduction du Paludisme en Tunisie. Note à la suite d'une mission d'expertise d'un consultant OMS en juillet 1991. ORSTOM, Tunis. 5 p. multigr.
9. BOUCHITE (B.), KENNOU (M.F.), CHAUVET (G.), 1991c - Ethologie et capacité vectorielle des Anophèles de TUNISIE dans deux régions réceptives (Joumine, Région du Nord et SIDI BOUZID, Région du Centre). ORSTOM/IPT, TUNIS, 22 p. 3 cartes, 5 croquis, 20 tableaux. multigr.
10. ABID Salem, 1989. Essais d'élevage des Anophèles impliqués dans la transmission du paludisme maghrébin *A. labranchiae*, *A. multicolor*, *A. sergenti* (s.l.) (*Culicidae*, *Anophelinae*) et essais d'infection expérimentale par des souches tropicales de *P. falciparum* cultivées *in vitro*. Mémoire D.E.A., Université Montpellier I, Faculté de Médecine. 34 p.
11. AGBESSI Nathalie, 1989 - Maîtrise de la gamétocytogonie *in vitro* de différentes souches tropicales de *Plasmodium falciparum* et essais d'infestation expérimentale d'*Anopheles* vecteurs potentiels. Thèse Doctorat Pharmacie, Univ. Montpellier I, Faculté Pharmacie, 43 p.
12. BEN ABDERRAZAK Souha., 1992 - Elaboration de marqueurs génétiques spécifiques de souches de *Plasmodium falciparum*, agent du paludisme. Thèse présentée en sept. 92.
13. RAMSDALE (C.D.) et COLUZZI (M.), 1975 - Studies on the infectivity of tropical African strains of *P. falciparum* to some southern European vectors of malaria. *Parassitologia*, 17, 39

14. ZULUETA J., RAMSDALE C.D. et COLUZZI M. (1975) - Receptivity to malaria in Europe. Bull. W.H.O., 52, 109-111

15. RAMSDALE C.D. & ZULUETA J. (1989). Anophelism in the Algerian Sahara and some implications of the construction of a trans-Saharan highway. J. trop. Méd. Hyg. 86, 51-58

16. MOUCHET (J.) 1989 - Commentaires sur l'article de M. NOZAIS. Bull. Soc. Path. Ex., 82, 224

17. CHAUVET G., BENZERROUG H.H., DJIBO A., DOUMBO O., ROBERT V., TOURE Y. (1990). Potentiel de transmission du paludisme dans la zone saharo sahélienne de la route transsaharienne et de ses accès. Rapport à O.M.S./TDR/Fieldmal n° 870441 et ICOPA VII PARIS (Communication orale et poster).



LÉGENDE

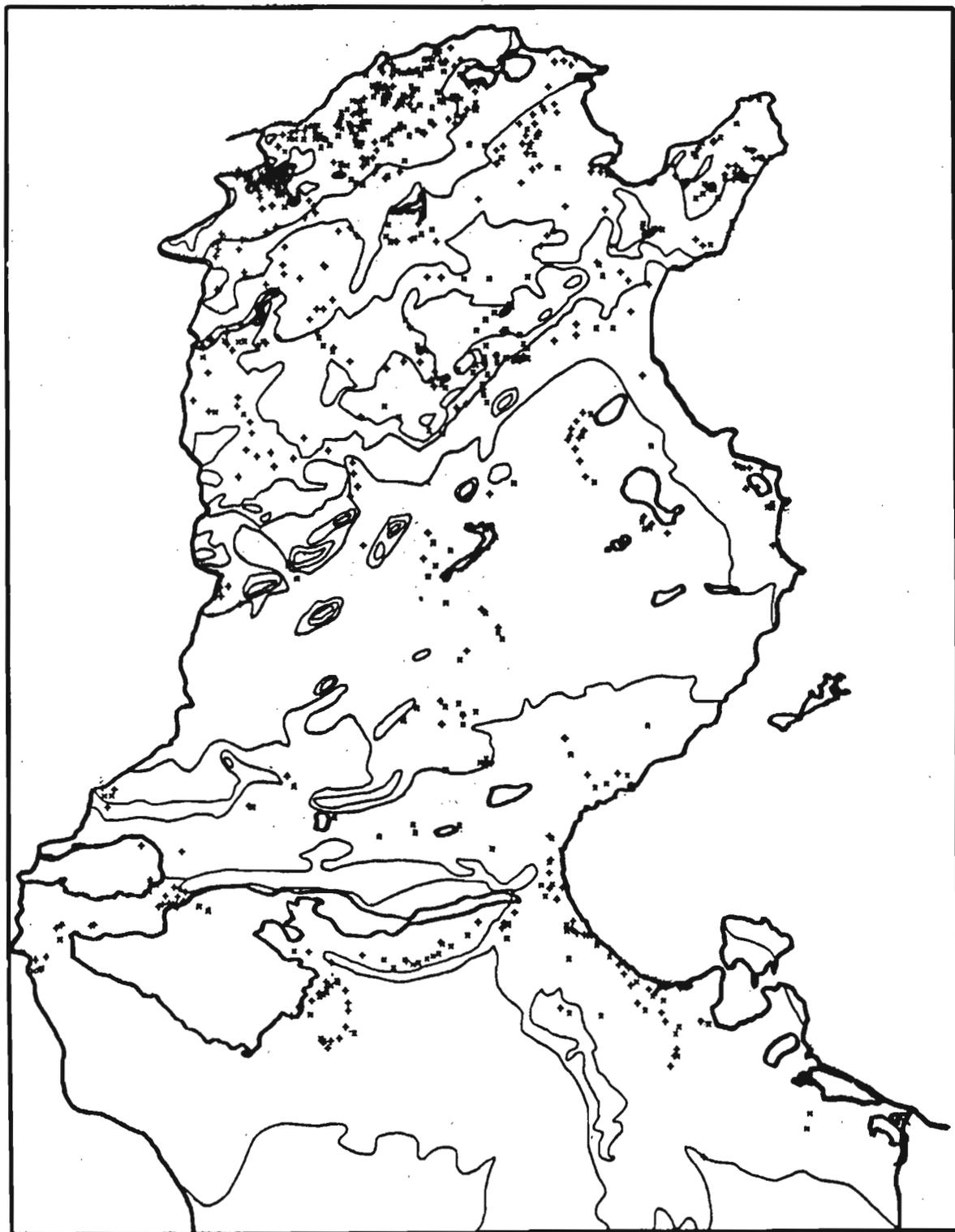
BIOCLIMAT MÉDITERRANÉEN		VARIANTE A HIVERS				
ÉTAGE / SOUS-ÉTAGE		fraîs altitude	fraîs	tempérés	doux	chauds
HUMIDE	SUPÉRIEUR			*		
	INFÉRIEUR	HI [f]	HI [t]	HI [d]	HI [c]	
SUB-HUMIDE		SH [a]	SH [t]	SH [d]	SH [c]	
SEMI-ARIDE	SUPÉRIEUR	SA [f]	SA [t]	SA [d]	SA [c]	
	MOYEN	SAm [a]	SAm [t]	SAm [d]	SAm [c]	
ARIDE	INFÉRIEUR	SA [f]	SA [t]	SA [d]	SA [c]	
	SUPÉRIEUR					
ARIDE	INFÉRIEUR	A [f]	A [t]	A [d]	A [c]	
	SUPÉRIEUR					
SAHARIEN	INFÉRIEUR					

* HI [a] = Humide supérieur variante à hivers tempérés d'altitude.

■ Stations d'étude

Document établi d'après :
 - la Carte des Etages Bioclimatiques de la Tunisie 1/2 000 000 ; M. GOUNOT et H.N. LE HOUEYOU, 1955.
 - la Carte Bioclimatique de la Tunisie Septentrionale 1/500 000 ; M. GOUNOT et H.N. LE HOUEYOU, 1967 avec le concours de : Ch. BALDY, L. BORTOLI, A. BIGOT, C. FLORET, D. FROMENT, L. GUILLERM, J.C. JACQUINET, E. LE FLOC'H, A. SCHOENENBERGER, A. SOLER, H. VAN SWINDEREN.
 La maquette du présent document a été établie par E. LE FLOC'H sous la direction de M. GOUNOT.

Carte N°2 : Répartition des biotopes préimaginaux
1989 - 1990
Limites des zones bioclimatiques
(cf. Carte 1)



SCALE 1 cm. = 2.6 x 10¹⁶ cm

Carte informatisée de B. BOUCHITE et P. MARTINI