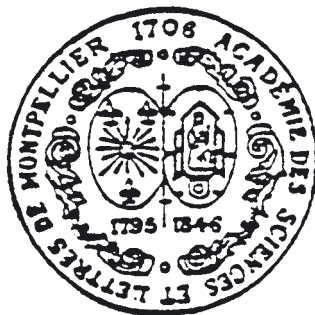


BULLETIN
DE
L'ACADÉMIE DES SCIENCES
ET LETTRES
DE
MONTPELLIER



NOUVELLE SÉRIE
TOME 39
ANNÉE 2008

ISSN 1146-7282

Séance du 10 novembre 2008

La “démoustication” du littoral méditerranéen : base écologique, stratégie opérationnelle, devenir

par Jean-Antoine RIOUX et Jean COUSSERANS

La présente communication n'a pas la prétention de rendre compte, dans le détail, de la mise en place et de l'évolution de cette fabuleuse entreprise de lutte antimoustique : l'*Entente Interdépartementale pour la Démoustication du Littoral Languedoc-Roussillon* (EID, actuellement : *EID Méditerranée*). Les problèmes posés, tant institutionnels que techniques, sont en effet trop nombreux et trop complexes pour y parvenir dans le temps qui nous est imparti. Nous nous contenterons de brosser à grands traits les principales étapes qui ont scandé l'histoire de cet organisme, en privilégiant la mise au point et l'application de certaines stratégies opérationnelles, parmi les plus originales ou les plus performantes. Chemin faisant, nous nous permettrons de livrer quelques réflexions générales qui pourraient conduire à une meilleure compréhension des difficultés inhérentes au fonctionnement d'un tel établissement.

Au long de cet exposé, nous développerons essentiellement la lutte contre les *Moustiques-nuisances*. Toutefois, nous ferons une brève incursion dans le domaine des *Moustiques-vecteurs*, en insistant sur la complexité des cycles épidémiologiques dans lesquels ils sont impliqués. Les problèmes de lutte et de prévention, posés par l'installation en France d'*Aedes albopictus*, vecteur du virus du Chicungunya, seront évoqués brièvement.

L'Entente interdépartementale pour la démoustication (EID)

Au sortir de la Seconde guerre mondiale, la nécessité d'un meilleur *niveau de vie* s'était imposée, partout en France. Dans le Midi méditerranéen, à l'ouest du Petit Rhône, les départements côtiers du Languedoc-Roussillon comptaient sur leurs atouts majeurs, l'*agriculture* et le *tourisme*. Une nouvelle agriculture (vignobles, fruitiers, cultures maraîchères) devait s'installer dans les plaines et sur les pieds-monts. Déjà, sous la forte impulsion de Philippe Lamour, un premier tronçon du Canal du Bas-Rhône était en place. Pour l'accueil des touristes, on prévoyait l'installation de ports, de stations et de campings, de la Petite Camargue aux Pyrénées-Orientales.

Certes, les projets *agriculture* et *tourisme* étaient d'esprit différent, mais leur réussite nécessitait la suppression d'un obstacle commun : la *nuisance culicidienne* (de Culicidés : Moustiques). Dès lors, la création d'une structure de lutte, décloisonnée et opérationnelle, allait s'imposer. Il s'agissait en effet d'intervenir dans l'urgence, sur les hordes de Moustiques qui déferlaient sur la zone littorale, à partir de leurs biotopes larvaires mis en eaux de manière synchrone après les tempêtes marines ou le débordements des fleuves côtiers.

Toutefois, dans l'euphorie des discussions, on oubliait souvent que la lutte contre les Moustiques répondait à deux situations bien différentes : celle de la simple nuisance et celle de la transmission vectorielle. Avec la première, dont on débattait abondamment, il s'agissait de concrétiser un besoin de *confort* : en certaines périodes de l'année (fins de printemps et d'été), les piqûres atteignaient une telle fréquence qu'elles parvenaient, en quelques minutes, à vider les plages de leurs baigneurs et les vignes de leurs vendangeurs. Mais, *a contrario*, la *protection contre les maladies transmises* était rarement évoquée. Il s'agissait du paludisme, disparu depuis le XIX^{ème} siècle en tant que maladie endémique, de plusieurs viroses à transmission vectorielle (West Nile, Tayna) et des filarioses canines (*Dirofilaria* spp.).

Ainsi la création d'un organisme de lutte était envisagé, avant même la mise en place de la Mission. Le projet, porté par les collectivités départementales, se concrétisait le 31 décembre 1958, avec la création d'un premier organisme opérationnel : l'*Entente interdépartementale pour la Démoustication*, structure régie par la loi du 10 août 1871 (et suivantes), relatives aux Conseils généraux et aux institutions départementales et interdépartementales. Après un démarrage quelque peu laborieux, l'EID regroupait les quatre Département côtiers des Pyrénées-Orientales, de l'Aude, de l'Hérault et du Gard. Les Bouches-du-Rhône ne tardaient pas à s'intégrer au groupe, afin de conduire plusieurs opérations ponctuelles, dans la zone d'aménagement industriel du Golfe de Fos, à Port-Saint-Louis-du-Rhône et en Arles. Cette initiative, de caractère régional, mais engagée avant la création officielle de la Région Languedoc-Roussillon (1982), était relayée par l'Etat sous la forme d'une convention Mission-EID, en date du 6 septembre 1963.

La Mission Racine

De fait, le 18 juin 1963, sous l'impulsion de Charles de Gaulle, Président de la République et de Georges Pompidou, Premier ministre, une structure interministérielle se mettait en place, avec pour objectif de jeter les bases d'un aménagement touristique de la zone littorale. Le Conseiller d'Etat Pierre Racine était chargé de présider la nouvelle *Mission interministérielle d'aménagement touristique du littoral du Langedoc-Roussillon*. Rapidement, le civisme et les qualités d'organisateur de ce "grand commis de l'Etat", devaient convaincre les plus réticents, toutes tendances politiques et confessionnelles confondues. Ainsi, Jean Bène (1901-1992), Sénateur, Président du Conseil général de l'Hérault (1945-1979), Président de l'EID (1959-1979) et Pierre Racine allaient s'unir pour former un couple soudé et efficace. Un couple qui en a étonné plus d'un, car formé d'un "chrétien, homme de droite" (P.R.) et d'un "agnostique, homme de gauche" (J.B.).

Ce faisant, l'EID se voyait investie de responsabilités élargies, sous réserve d'une refonte conceptuelle et technique des stratégies opérationnelles utilisées jusqu'alors. A cet effet, un conseil scientifique et technique était créé le 26 mai 1964, par arrêté du Premier Ministre. Placé sous l'autorité du Président de la Mission, ce conseil avait pour mandat "*de le conseiller et de veiller au bon déroulement des opérations*". Au terme de dix années de démoustication nouvelle manière, le

succès était acquis. Le financement de l'organisme par la Mission Interministérielle pouvait cesser. Pour des raisons d'efficacité, il n'en diminuait pas moins progressivement, jusqu'à son arrêt définitif en 1982. Il incombait alors aux collectivités territoriales (Communes, Départements, Région).

Dès lors, l'initiateur et maître d'œuvre Pierre Racine pouvait retracer les grandes étapes de sa *Mission*. Il le faisait en toute liberté, dans un ouvrage grand public, "*Mission impossible*", publié en 1980 : un ouvrage de rigueur et d'humour, à l'image de son auteur. Récemment, devant notre Compagnie, l'académicien Guy Puech a retracé avec talent l'histoire de cette fabuleuse épopée (Bull. Acad. Sc. et Let. de Montpellier, 2009 pp. 91-102).

Quoi qu'il en soit, avec le coup d'envoi de *l'aménagement touristique du Littoral*, six types de réalisations ont été engagées par l'Etat : 1°) l'installation d'agglomérations nouvelles avec leurs lotissements, leurs ports de plaisance et leurs services publics (La Grande-Motte 1965, Port-Barcarès 1965, Port-Leucate 1965, Cap d'Agde 1967, Port-Camargue 1969), 2°) la réhabilitation des villages existants (Carnon, Palavas, Gruissan, Canet, Saint-Cyprien), 3°) l'amenée des fluides et les assainissements, 4°) la construction de routes de desserte, en relation avec l'A9 et les principales villes du Languedoc-Roussillon, 5°) les plantations d'espaces verts et de haies à usages divers : brise-vent, esthétique paysagère, écran anti-bruit, etc., 6°) la lutte contre les Moustiques, conformément au mot d'ordre ministériel : "*pas d'investissement sans suppression préalable de la nuisance*". Pour conduire une telle entreprise, l'Écologie scientifique, jusqu'alors domaine réservé des chercheurs, allait devenir un véritable outil d'interventions. Un court avant-propos nous semble nécessaire pour en saisir l'essentiel.

L'écologie générale et appliquée : base de la lutte anti-moustique

Le *paradigme écologie*, forgé par E. Haeckel en 1866 [fig. 1,a], désigne les relations réciproques "organisme(s)-milieu(x)". Sous ce vocable, sont regroupées deux disciplines connexes : l'*autécologie* et la *synécologie*.

1) Avec l'autécologie, l'objet d'étude est représenté par la (les) population(s) d'une même espèce, c'est-à-dire des groupes d'*individus interfertiles*. Le milieu, composé d'éléments vivants et non-vivants, porte le nom de *biotope*. Celui-ci peut être décomposé en territoire, espace vital, niche éthologique, etc. C'est le cas des Moustiques dont les larves et les nymphes se développent dans des gîtes aquatiques, alors que les adultes (ou imagos) occupent les milieux terrestres.

2) Avec la synécologie, les études portent sur des *ensembles plurispécifiques* : les *biocénoses*. Celles-ci regroupent un certain nombre d'espèces (plantes, animaux, micro-organismes), unies par des *liens d'interdépendance* (réseaux fonctionnels). Le complexe biocénose-biotope constitue l'*écosystème*. Celui-ci porte généralement le nom de la végétation dominante : forestière, prairiale, steppique, dulçaquicole ou marine. En synécologie générale, on nomme *paysage*, un complexe d'écosystèmes *interactifs*. Inversement, au sein d'un écosystème ou d'un paysage, plusieurs sous-systèmes fonctionnels peuvent être individualisés, tels que : *consommateurs-producteurs, prédateurs-proies, pathogènes-hôtes*. Notons

de même que plusieurs comportements spécifiques, relevant donc de l'autécologie (alimentation, accouplement, nidification, etc.), peuvent s'exercer dans des sites particuliers, au sein d'un même écosystème, d'écosystèmes différents, voire de zones-contact entre deux écosystèmes (lisières, clairières, écotones).

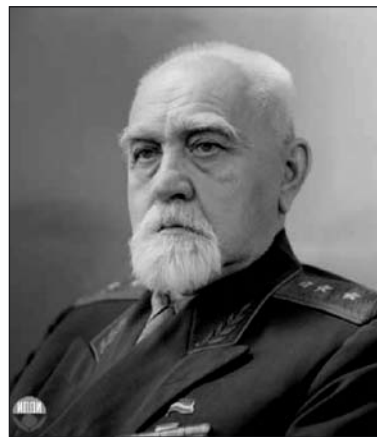
De l'écologie à l'éco-épidémiologie

Au début du XX^{ème} siècle, l'entomologiste russe E.N. Pavlovskii (1884-1965) [fig. 1,b] et le géographe français M. Sorre (1880-1962) s'approprient le paradigme haeckélien, pour forger les concepts de *foyer d'infection*, d'*épidémiologie du paysage* et de *complexe pathogène*, autant de notions inspirées de la démarche éco-pathologique chère à l'école néo-hippocratique de Montpellier (Hippocrate : *Des airs, des eaux et des lieux*. E. Littré, 1840). Après la dernière Guerre mondiale, une nouvelle discipline s'individualise, l'Eco-épidémiologie, associant les méthodes de l'écologie à l'épidémiologie traditionnelle (J.A. Rioux 1977, P. Giraudoux, 2008).

Dans les cas où interviennent des Arthropodes hématophages comme les Moustiques (Diptères Culicidés), la recherche écologique s'étend de la simple nuisance par piqûre (inconfort, irritations, allergies, anémies) à la maladie à transmission vectorielle. Celle-ci peut intéresser une seule espèce de vertébré (homme, animal domestique ou sauvage), voire plusieurs (zoonoses). Dans les maladies transmissibles, les études portent en priorité sur le transfert de l'agent pathogène d'un hôte à l'autre (arthropode-homme, arthropode-réservoirs) et sur sa circulation au sein de ces mêmes hôtes (systèmes à compartiments). Pour autant les aspects autécologiques ne sont pas exclus de la démarche synécologique, car, lors de la réalisation de certains modèles mathématiques, le manque de données de base peut conduire à des études autécologiques supplémentaires, telles que comportements trophiques, cycles gonotrophiques, dispersion, dynamique des populations etc.



a



b

Figure 1. a : E. Haeckel, inventeur de l'Ecologie scientifique ;
b : E.N. Pavlovskii, promoteur de l'Ecologie médicale (épidémiologie du paysage).

Le succès de l'approche écologique tient essentiellement à son *caractère systémique* (*alias* holistique). Mais, pour ce faire, elle nécessite l'intégration de plusieurs disciplines : taxonomie, entomologie, mammalogie, ornithologie, génétique, physiologie, éthologie, biogéographie, phytosociologie, climatologie, géologie, cartographie, parasitologie, bactériologie, virologie, immunologie, écotoxicologie, logistique, statistique, législation, etc. ! C'est dire que de telles recherches, *pluridisciplinaires* par essence, sont toujours délicates à conduire en raison de la pénurie en chercheurs spécialisés (actuellement les entomologistes médicaux), des coûts de fonctionnement des grosses équipes, et des difficultés inhérentes à la *recherche de terrain* ou à l'expérimentation *en vraie grandeur*.

Nuisance vs vecteur : une distinction essentielle

Le néologisme *démoustication*, et non *démoustification* comme initialement proposé, a été créé par notre maître Hervé Harant pour désigner la lutte contre les Moustiques-nuisances (*cf* 1963, *in* : dictionnaire *Grand Robert*). Rappelons que ce concept s'applique aux seuls Moustiques anthropophiles et non pas aux Moustiques-vecteurs. Par leurs piqûres, les Moustiques sont responsables d'inconfort (irritations), voire d'allergie (salive) et de surinfections (grattage). La lutte correspondante, de type *raisonnée*, doit être dirigée contre le (ou les) stade(s) les plus sensibles et /ou les plus accessibles (larves, imagos) et utiliser plusieurs moyens : chimiques, biologiques, génétiques et physiques. A l'opposé, dans une maladie transmise, la lutte contre le vecteur ne constitue que l'une des composantes (souvent nécessaire, mais non suffisante) de la méthode dite *intégrée*. Beaucoup plus complexe que la lutte raisonnée, celle-ci doit prendre en compte plusieurs cibles, à savoir : l'agent pathogène et les différents hôtes, considérés comme des compartiments d'un système épidémiologique. Les moyens sont alors la chimio-prophylaxie, la vaccination, l'élimination des animaux réservoirs et, bien entendu, la destruction des vecteurs par les procédés indiqués ci-dessus. Cette distinction, entre nuisance et vecteur, souvent mal comprise du grand public, est toujours considérée comme basique par l'EID. D'ailleurs, dès 1964, la loi relative à *la lutte contre les moustiques*, ne mentionnait que le vocable de nuisance. Malheureusement, un amendement récent (article 72 de la loi du 13 août 2004 relative aux libertés et aux responsabilités locales) lui a substitué celui de vecteur, au risque de provoquer une certaine confusion dans l'esprit des décideurs, institutionnels ou politiques.

Une question-clé : éradication ou réduction de la nuisance ?

En préalable aux investissements consentis par l'Etat, au nom de la "solidarité nationale", une question importante avait été posée par les responsables de la Mission : pouvait-on éliminer totalement les Moustiques-nuisances ou devait-on seulement en réduire la densité de manière à diminuer le nombre de piqûres ? Les experts consultés avaient été unanimes : la suppression d'un Insecte à niveau de fécondité élevé (stratégie de reproduction de *type r*) était qualifiée d'utopique. Par ailleurs, on connaissait les échecs itératifs des campagnes anti-paludiques, conduites selon le principe de la seule *éradication du vecteur*. En Afrique subsaharienne, les seuls insecticides n'avaient pu venir à bout de la pandémie (résistance ou irritabilité

des vecteurs, contamination grave des chaînes trophiques par les organo-chlorés, coût des campagnes difficilement supportable par les pays en développement). Relayées par les instances internationales (OMS) et reprises par les *media*, ces informations avaient largement pénétré le grand public.

En définitive, le Conseil scientifique de l'EID n'avait pas eu de difficulté pour faire adopter le principe de la *réduction simple du nombre de piqûres*, jusqu'à l'obtention d'un état dit *de confort*. A ce jour, ce principe est toujours en vigueur.

Protection des biocénoses soumises à démoustication : un engagement de la Mission

Dès l'instant où la Mission Racine avait donné son accord de principe pour une approche écologique, plusieurs problèmes connexes se posaient. En effet, en dehors des difficultés techniques, inhérentes à la mise en œuvre de la nouvelle stratégie, une question éthique agitant le landerneau des *environnementalistes* : les "écologistes" commençaient à se structurer en mouvements politiques, et posant *ipso facto* de sérieux problèmes aux naturalistes professionnels, ceux de l'écologie scientifique. Ces derniers s'en étaient d'ailleurs démarqués en prenant le titre d'"écologues". C'était aussi le temps où Philippe Lamour manifestait son exaspération au cri de : "*Ecologie oui ! écologistes non !*".

Cependant, le futur déploiement des équipes de traitement dans les zones pré-littorales ne cessait de préoccuper les responsables, Pierre Racine tout autant que nous mêmes. Le déplacement au sol, des engins motorisés, ainsi que le survol des milieux humides par les avions d'épandages pouvaient entraîner des dégâts du couvert végétal, des dérangements de nichées ou des détériorations de la microfaune. Ainsi, à la demande du Président Racine, des visites naturalistes avaient été organisées dans plusieurs zones remarquables du littoral (Bois du Boucanet, Salins-de-Frontignan, Cap d'Agde, étang de Bages) et de Camargue (Réserve des Salins-de-Badons). Il était alors décidé de maintenir des *coupures vertes* entre les stations, et ce, par la délimitation de zones *non aedificandi*, par l'acquisition de parcelles sensibles au nom du Conservatoire du Littoral, (organisme créé à cette occasion par Pierre Reynaud) et par la création de *zones protégées* (réserves naturelles).

La démoustication. Structure et fonctionnement de l'EID

1) La recherche finalisée, une activité traditionnelle de l'EID

Au milieu des années 50, une importante campagne de prospections, conduite par le laboratoire de Parasitologie de la Faculté de Médecine de Montpellier, avait permis un premier recensement systématique des Culicidés de la zone littorale. Pour chaque espèce, le biotope larvaire et le comportement trophique des femelles avaient été analysés (J.A. Rioux : *Les Culicidés du Midi méditerranéen*, 1955). Par la suite, quelques taxons supplémentaires étaient découverts et plusieurs sujets de recherche abordés, en collaboration avec l'EID et les grands organismes (CNRS, INSERM) Certains de ces travaux avaient donné lieu à des diplômes universitaires. Citons,

entre autres, les thèses de B. Papierock sur les “*méthodes d'échantillonnage*” des stades larvaires (1972), de G. Sinègre sur la “*diapause des œufs d'Aedes caspius*” (1974) et de A. Gabinaud sur les “*gîtes de ponte des Aedes halophiles*” (1975). Depuis lors, de nombreuses études, portant sur les Diptères hématophages (Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae), les insecticides et les techniques d'épandage, ont été conduites grâce à une structure *ad hoc* : le *département de recherche et développement*. Ce service, aujourd'hui très apprécié des organismes nationaux (Universités, CNRS, IRD, CIRAD, commissions ministérielles) et internationaux (centres circum-méditerranéens de lutte anti-Moustiques, CE, OMS) a reçu le label de *laboratoire d'accueil* pour de nombreux étudiants-chercheurs (stage d'études, DEA, master).

2) L'entomo-faune culicidienne : identification des espèces anthropophiles [fig. 2]

La Région Languedoc-Roussillon totalise actuellement 42 espèces de Moustiques, appartenant aux genres *Aedes* (20 espèces), *Anopheles* (7), *Coquillettidia* (2), *Culex* (7) *Culiseta* (4) *Orthopodomyia* (1) et *Uranotaenia* (1). Plus de la moitié d'entre elles piquent l'homme (*anthropophilie*). La plaine littorale en compte 33. Toutefois : 1°) Seules quatre sont responsables de nuisances graves (*alias* “*pestes*” au sens anglo-saxon) : *Aedes caspius*, *Ae. detritus*, *Ae. coluzzii* et *Culex pipiens* ssp. 2°) Sept constituent des nuisances moyennes, soit que leurs densités soient faibles, soit qu'elles ne soient actives que dans des secteurs limités : *Anopheles hyrcanus*, *An. plumbeus*, *Ae. mariae*, *Ae. vexans*, *Coquillettidia buxtoni*, *Co. richiardii* et *Cu. modestus*. Dans les prochaines années, on devra vraisemblablement compléter cette liste par l'*espèce invasive* *Ae. albopictus*, actuellement présente dans les Régions Paca et Corse [fig.3] : une nuisance non négligeable et surtout le redoutable vecteur du virus du Chikungunya (*cf* récentes épidémies à La Réunion et en Italie). 3°) Enfin, quoique de comportement anthropophile démontré, neuf espèces sont considérées comme des nuisances négligeables : *An. algeriensis*, *An. atroparvus*, *An. maculipennis*, *An. petragrani*, *Ae. berlandi*, *Ae. geniculatus*, *Ae. pulchritarsis*, *Ae. vittatus*, *Culiseta subochrea*, *Cu. mimeticus* et *Cu. theileri*.

3) Ecologie des stades pré-imaginaux et imaginaux

Au cours de leurs métamorphoses, les Moustiques occupent deux grands types de milieux, aquatiques et terrestres. Les stades pré-imaginaux occupent les premiers ; les adultes mâles et femelles (*alias* imagos) se déploient dans les seconds.

a) Certains comportements imaginaux présentent un intérêt pratique :

— Les différences de modes d'accouplement permettent de distinguer des espèces *eurygames* et *sténogames*. Les premières ont besoin de grands espaces pour effectuer leur vol nuptial (*Ae. detritus s.st.*). Par contre, les espèces dites *sténogames* s'accouplent au sol, sur la végétation érigée (*Ae. coluzzii*) ou sur les murs des grottes et des habitations (*Cu. pipiens*).

— L'étendue des aires de dispersion dépend des capacités de déplacement, propres à chaque espèce (portées de vol de quelques mètres pour *Cu. pipiens*, de plusieurs kilomètres pour *Ae. caspius* et *Ae. detritus*) et de l'existence de certains vents porteurs, humides et de faible puissance. Mais, quelle que soit l'espèce, les plus fortes densités s'observent généralement au voisinage des gîtes larvaires. Ainsi, dans les *sansouires*, milieux ouverts et fortement ventés, les adultes trouvent un abri dans les arbustes les plus proches (Tamaris et *Filaria* pour *Ae. caspius* et *Ae. detritus*).

— Certaines espèces, évoluant habituellement à l'extérieur (*exophiles*), peuvent pénétrer dans les habitations pour se nourrir (*endophages*), pour digérer le repas sanguin (*gîtes de repos*) ou pour hiverner (*gîtes de diapause*).

b) Les stades pré-imaginaux occupent des biotopes à la fois variés et spécifiques. Les études statistiques menées dans le Midi de la France ont permis d'en distinguer deux grands types :

— Les petites collections d'eaux, douces ou saumâtres (cuvettes rocheuses de bords de rivières et de falaises maritimes, creux d'arbres, petits réservoirs et conteneurs artificiels). Les espèces correspondantes sont qualifiées de *sténoïques*. Les collections d'eau peuvent être profondément enfouies (creux d'arbres à *An. plumbeus*, *Ae. berlandi* et *Ae. geniculatus*, caves et fosses septiques à *Cu. pipiens*) ou s'ouvrir à l'air libre (*Ae. vittatus*, *Ae. mariae*, *Ae. albopictus*). Dans tous les cas les femelles en instance de ponte choisissent les types de collections adaptés au développement des larves (*spécificité mésologique*). Ainsi, un transect réalisé sur le littoral niçois, le long d'une falaise surmontée d'un immeuble, a montré l'étroite

Genres	Espèces	Intensité de la nuisance	Genres	Espèces	Intensité de la nuisance
<i>Aedes</i>	<i>albopictus</i>	+++	<i>Anopheles</i>	<i>algeriensis</i>	++
	<i>annulipes</i>	Δ		<i>atroparvus</i>	++
	<i>berlandi</i>	++		<i>claviger</i>	+
	<i>cantans</i>	Δ		<i>hyrcanus</i>	+++
	<i>caspicus</i>	++++		<i>maculipennis</i>	++
	<i>cataphylla</i>	Δ		<i>melanoon</i>	+
	<i>cinereus</i>	Δ		<i>petragrani</i>	++
	<i>coluzzii</i>	++++		<i>plumbeus</i>	+++
	<i>communis</i>	Δ		<i>Coquillettidia</i>	<i>buxtoni</i>
	<i>detritus</i>	++++	<i>richiardi</i>		+++
	<i>dorsalis</i>	Δ	<i>Culex</i>	<i>hortensis</i>	o
	<i>exrucians</i>	Δ		<i>impudicus</i>	o
	<i>geniculatus</i>	++		<i>martinii</i>	o
	<i>mariae</i>	+++		<i>mimeticus</i>	++
	<i>pulchripalpis</i>	++		<i>modestus</i>	+++
	<i>pullatus</i>	Δ		<i>pipiens</i>	++++
	<i>punctor</i>	Δ	<i>theileri</i>	+	
	<i>rusticus</i>	+	<i>Culiseta</i>	<i>annulata</i>	++
	<i>sticticus</i>	Δ		<i>litorea</i>	o
<i>surcoufi</i>	Δ	<i>longiareolata</i>		o	
<i>vexans</i>	+++	<i>subochrea</i>		+	
<i>vittatus</i>	++	<i>Orthopodomysia</i>	<i>pulchripalpis</i>	o	
		<i>Uranotaenia</i>	<i>ungiculata</i>	o	

Δ : espèce absente du Midi Méditerranéenne

o : antropophilie non constatée

Figure 2. Liste des espèces de Culicidés du Languedoc-Roussillon.

spécificité des trois espèces anthropophiles présentes dans le site : *Ae. mariaae*, dans les cuvettes rocheuses ouvertes, situées au voisinage du ressac, *Cu. pipiens* dans les caves de l'immeuble et les bouches d'égouts siphonides, à l'abri de la lumière, *Ae. albopictus* dans les sous-coupes humides placées sous les pots et les jardinières des balcons.

— Les étendues d'eau libre, permanentes ou temporaires, pourvues de végétations érigées. Les espèces culicidiennes correspondantes sont qualifiées d'*euryoïques*. En Languedoc-Roussillon, ces biotopes sont largement représentés sur les bords des étangs saumâtres, dans les zones lagunaires et deltaïques [fig. 4]. Trois espèces halophiles, hautement nuisantes, les colonisent : *Ae. caspius*, *Ae. detritus* et *Ae. coluzzii*. Les méthodes de lutte, utilisées à leur endroit, sont aujourd'hui parfaitement opérationnelles. Leur efficacité et leur originalité justifient le développement suivant.

4) Biotopes larvaires des *Aedes halophiles*. Structure et dynamique

Effectivement, parmi la dizaine de Culicidés susceptibles d'être soumis à des opérations de lutte, ces trois espèces, soulevaient de délicates questions. En effet, leur aire de développement larvaire occupait une surface très étendue (12 000 ha), surface que les migrations imaginales étaient susceptibles de tripler voire de décupler ! Ainsi, avant la mise en place de la Mission, des milliers de femelles d'*Ae. caspius*, portées par la brise de mer, envahissaient régulièrement les rues et les jardins de Montpellier,

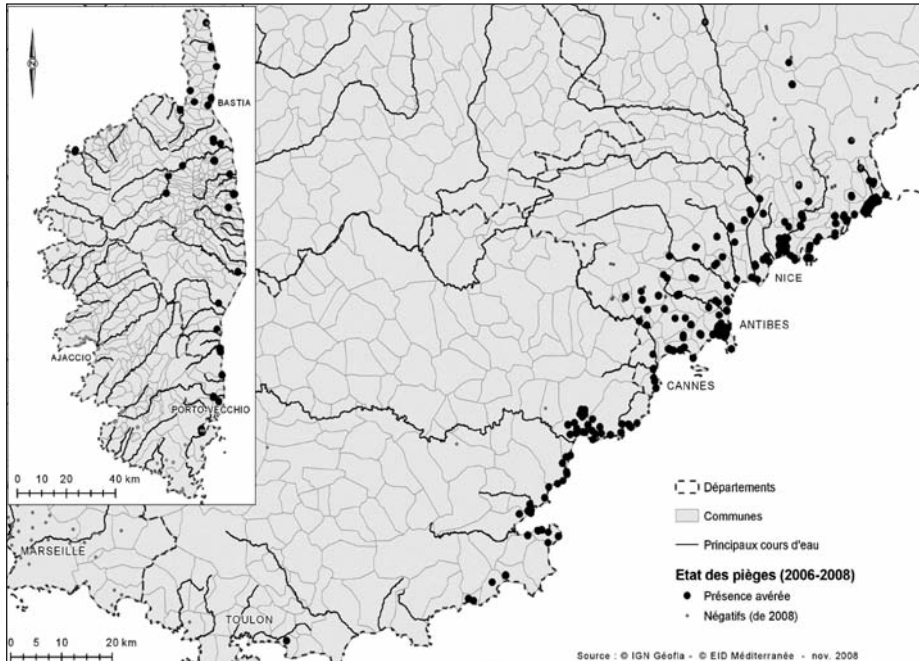


Figure 3. Invasion d'*Aedes albopictus* en Régions PACA et Corse. Stations de capture.

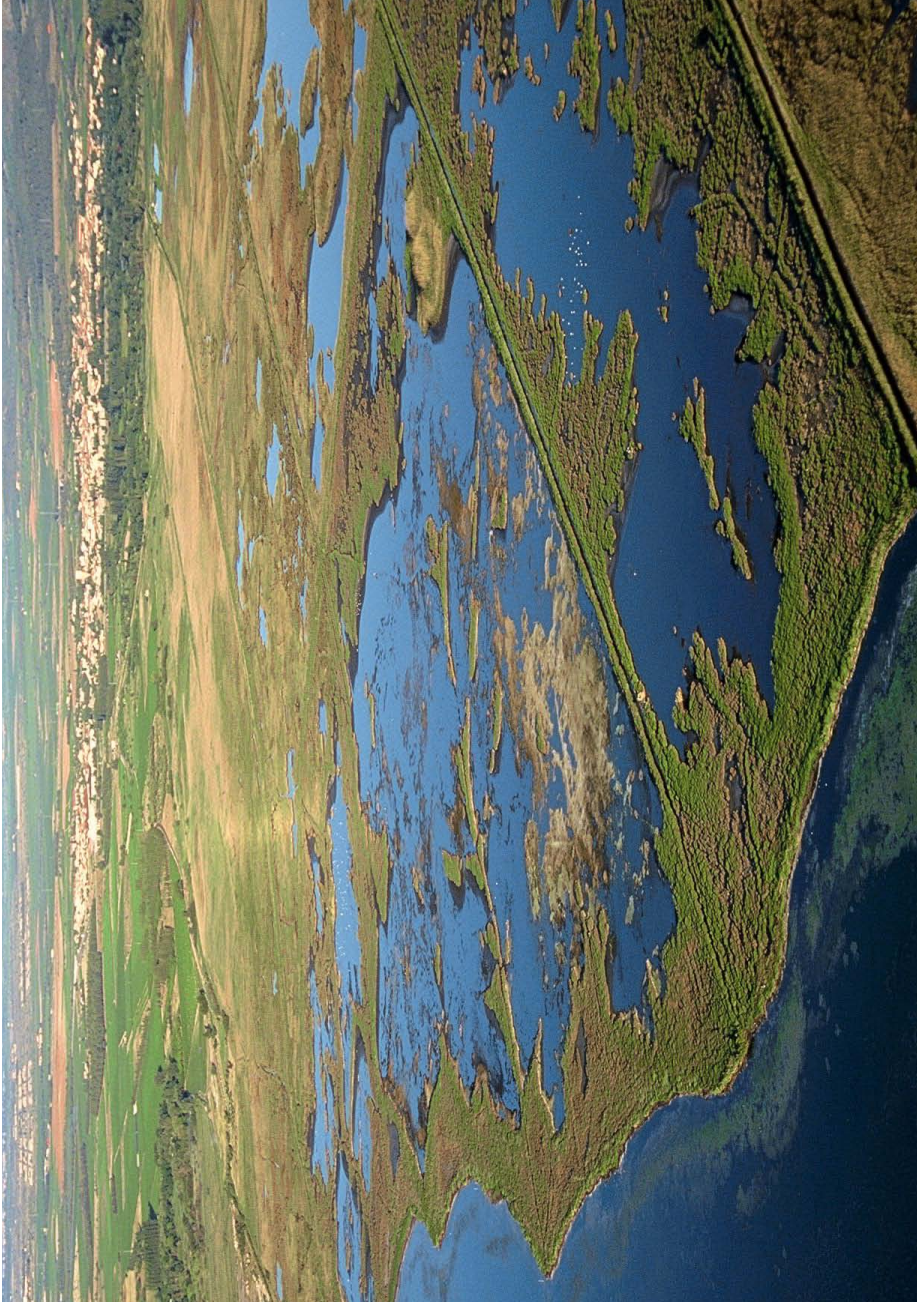


Figure 4. Vue aérienne des sables de l'Etang de Salses, gîtes larvaires de haute productivité pour les trois principales nuisances de la bordure littorale : *Aedes caspius*, *Ae. detritus* et *Ae. coluzzii*.

lors des éclosions massives provoquées par les pluies de fin d'été. De la même façon, *Ae. detritus* et *Ae. caspius* pouvaient être capturés sur l'homme, dans les vignes et les hautes garrigues de l'arrière pays (p.e. sommet du Pic Saint Loup, alt. : 600 m). Et nombreux étaient les pêcheurs des petits ports côtiers (Palavas-les-Flots, Le Grau-du-Roi) assaillis par ces mêmes *Aedes*, au cours de leurs sorties en mer !

Le recensement et la description des gîtes correspondants, initiés dès les années 50, ont été complétés par une série de recherches de terrain, sur les gîtes eux mêmes (botanique, pédologie, hydrologie des nappes et des eaux de surface) et sur les espèces culicidiennes qui les colonisent (œufs quiescents, développements larvaires, envols et déplacements des adultes, comportements trophiques). L'emploi de la méthode des transects, perpendiculaires aux micro-dénivelés et aux *franges* de végétation, a permis de saisir, dans le détail, la dynamique des éclosions larvaires et de préciser la dangerosité de certaines zones (compacité des sols, proximité des cours d'eau et des graus, mises en eaux des chasses au gibier d'eau, etc.). Ces techniques ont été complétées par des observations en continu réalisées à partir de stations fixes, équipées d'appareils automatisés (cages d'éclosion, piézographes, thermographes, etc.). Mentionnons à ce propos que l'*espèce jumelle autogène Ae. coluzzii*, a pu être confirmée grâce à ces études.

5) La lutte anti-larvaire, une double priorité, écologique et économique

Dès les premières prospections, nous étions frappés par l'*étroite localisation spatiale* des biotopes larvaires par opposition avec l'étendue des milieux aériens colonisés par les adultes. En fait, il s'agissait d'une caractéristique écologique commune à tous les Culicidés. Mais ici, le constat avait une connotation opérationnelle majeure : la réussite de la démoustication dépendait de la mise au point d'un outil d'intervention spécialement dirigé contre les stades pré-imaginaux. Ce constat était résumé par le slogan : "*priorité à la lutte anti-larvaire*", une stratégie qui permettait, à la fois, de réduire le coût des interventions et la pollution chimique des milieux. Dès lors, la lutte anti-adulte était réservée aux échecs de la lutte anti-larvaire, ou à l'établissement de barrières de protection autour des nouvelles stations (p.e. La Grande-Motte et Port-Camargue). Telles furent les propositions du conseil scientifique, à la Mission Racine.

6) Les fondamentaux opérationnels

Mais, l'application concrète de ces propositions allait se heurter rapidement à deux obstacles majeurs : le synchronisme des éclosions larvaires et la rapidité d'évolution de la population-cible, depuis l'éclosion des œufs jusqu'à l'apparition des premiers adultes. Dans certaines conditions de fortes températures, la durée totale du cycle aquatique (essentiellement pour *Ae. caspius*) pouvait être inférieure à huit jours. Pour être efficaces, les traitements devaient donc démarrer dès la découverte des premiers stades et être terminés dans les 48 heures. Pour ce faire, les équipes de traitement au sol devaient être dotées de matériels performants et maîtriser parfaitement le terrain. Dans les cas de grandes surfaces, l'hélicoptère (aux débuts de l'EID), et l'avion (depuis de nombreuses années) étaient volontiers utilisés. Au surplus, pour faire face à la nouvelle stratégie, plusieurs *bases* semi-autonomes étaient installées le long du littoral, chacune dotées de techniciens prospecteurs-traiteurs qualifiés et disposant

en permanence d'engins et d'insecticides prêts à l'emploi. Actuellement au nombre de huit (Alpes-Maritimes : 1, Bouches-du-Rhône : 2, Gard : 1, Hérault : 2, Aude : 1, Pyrénées-Orientales : 1), elles fonctionnent toujours avec la plus grande efficacité.

Après quelques années d'intense activité, le succès de l'EID nouvelle manière était acquis. Toutefois, cette réussite n'avait été possible que grâce à la mise au point d'un outil original, hautement performant, et à l'efficacité jamais démentie : la *carte phyto-écologique des gîtes larvaires*. Un chapitre spécial rappellera l'intérêt de la méthode.

7) Cartographie phyto-écologique

Dans les milieux lagunaires, la végétation s'ordonne en *ceintures parallèles*, au gré du micro-relief, de la durée, de la profondeur et de la charge en sels des eaux de surface, ainsi que des fluctuations verticales de la nappe phréatique. La micro-topographie des dépressions inondables joue un rôle majeur dans l'éclosion des pontes d'*Aedes* : lors de la montée des eaux, la submersion progressive des diverses ceintures de végétation entraîne l'éclosion rapide (souvent en quelques minutes) des œufs *en dormance* dans la litière (durant plusieurs mois, voire plusieurs années). Au total ces véritables *ceintures de ponte* fonctionnent en touches de piano. Elles ont été qualifiées pour cette raison *niveaux écologiques* (A. Gabinaud, *op. cit.*). Notons enfin que la structure des sols (mélanges de sables, de marnes et d'argiles) peut modifier la disposition phytosociologique de certaines zones ; modifications qui n'en diminuent pas, pour autant, la lecture du terrain.

Fort de ces observations, il a été possible de prévoir le fonctionnement des gîtes larvaires potentiels (dynamique des éclosions) grâce à la couverture phyto-cénotique. Levées au 5.000^{ème}, à l'aide des photographies aériennes, et confirmées par la *vérité terrain*, les cartes de végétations ainsi établies couvrent aujourd'hui l'ensemble de la zone humide littorale, de la Camargue aux Pyrénées-Orientales. On y distingue des zones douces ou très faiblement salées, domaines des roselières et des scirpaies (couleurs bleue à violette) et des zones fortement salées, occupées par les sansouires à *Salicornia fruticosa*, *S. annua* et *Arthrocnemum glaucum* (nuances de rouge). La végétation psammophile (dunes vives ou stabilisées, pauvres en gîtes larvaires) est généralement cartographiée en jaune et les prairies exondées en vert. Notons enfin que les *systèmes d'information géographique (SIG)* sont utilisés actuellement pour localiser les submersions. Mais en aucun cas ces cartes ne sauraient se substituer aux observations directes des *prospecteurs*.

En définitive, les *cartes écologiques* ont constitué (et constituent toujours) de remarquables outils opérationnels, permettant le repérage rapide et précis des zones d'éclosions culicidiennes, la planification des opérations d'épandage, tant terrestres qu'aériennes, et le contrôle de leur efficacité. Constamment tenues à jour, elles permettent également de suivre avec précision l'évolution des dépressions lagunaires et leur sédimentation.

8) Les traitements insecticides

Nous serons brefs sur les traitements insecticides, renvoyant à l'excellent tableau établi par C. Lagneau [fig. 5], mais en insistant sur les difficultés que rencontre aujourd'hui l'EID dans l'accomplissement de ses fonctions de *service public*.

Famille chimique	Substance active	Période d'utilisation	Concentration	Dose (s.a.)/ha	Usages	Zone de traitement	Espèces cibles
Organochlorés	DDT	1963-1967	200 g/l (EC)	6 g/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
	Lindane (HCH)	1963-1967	35 g/kg (GR)	?	antiadulte	urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
Organophosphorés	Chlorpyrifos-éthyl	1970-1990	15 g/kg (GR)	10 g/fosse sceptique	antilarvaire	urbain	<i>Culex pipiens</i>
	Fénitrothion	1967-2003	500 g/l (EC)	500 g/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
	Fénitrothion	1967-2008	500 g/l (EC)	150 g/ha	antiadulte	rural	<i>Aedes</i> spp.
	Téméphos	1967-2007	500 g/l (EC)	125 g/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
Pyréthrinoidés	Deltaméthine + Esbiothrine	1980-2008	15 + 5 g/l (UL)	1-2 g/ha		urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
	Deltaméthrine	2008-	20 g/l (EW)	1-2 g/ha	antiadulte	urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
Bioinsecticides	<i>Bacillus sphaericus</i>	1987-1999	125 g/l (SC)	3 l produit/ha	antilarvaire	urbain	<i>Culex pipiens</i>
	<i>Bacillus thuringiensis</i> H14	1999-	1200 UTI/mg (SC)	2,5 l produit/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
Régulateurs de développement d'insectes	Diflubenzuron	expérimental	150 g/ha	25 g/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
	S-méthoprene	expérimental	50 g/l (CS), 4,25 g/kg (GR)	15 g/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>
Naturalytes	Spinosad	expérimental	200 g/l (SC)	50 g/ha	antilarvaire	rural, urbain	<i>Aedes</i> spp., <i>Culex pipiens</i>

Figure 5. Liste et chronologie d'utilisation des insecticides, depuis la création de l'Entente Interdépartementale de Démoustication (EID)

Après avoir obtenu la suppression (parfaitement justifiée) des organochlorés (DDT, HCH), l'Entente avait expérimenté une riche panoplie de produits organophosphorés, pyrèthrinoïdes et biocides. Les substances sélectionnées présentaient en commun une faible rémanence (inférieure à dix jours) et une bonne spécificité vis-à-vis des Moustiques-cibles. Elles étaient utilisées en solution aqueuse (seules, en association ou en alternance), selon la procédure dite de *lutte raisonnée*. Les épandages, terrestres ou aériens, étaient réalisés selon le procédé dit des *bas-volumes*, moins polluant et plus économe de moyens.

Or, depuis la promulgation de la directive européenne 98/8/CE, les insecticides de synthèse sont interdits d'utilisation, quel que soit le type de lutte, anti-larvaire ou anti-adulte. Seuls demeurent autorisés les biocides (*alias* bio-insecticides), tel que le *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti), actif grâce à son cristal entomo-toxique. Depuis plusieurs années, cet insecticide, de maniement délicat et de coût élevé, était réservé à des situations particulières (surface ouvertes, larves du premier stade). Aujourd'hui, l'EID est donc placée devant une situation préoccupante, tant au plan technique qu'économique. Au plan technique, la méthode de *lutte raisonnée*, dont l'efficacité a été largement confirmée en pratique agricole, est fortement compromise. *Mutatis mutandis*, tout se passe comme si le traitement du Sida se voyait réduit à un seul médicament (sur les trois utilisés aujourd'hui). Au plan économique, se dresse un obstacle dissuasif : le coût prohibitif des opérations. En sont responsables : 1°) le prix élevé du produit, 2°) la plus grande qualification demandée aux personnels, 3°) l'augmentation du parc aérien (intervention synchrone de six appareils au lieu de deux) : un important surcoût, supporté, bien entendu, par la société civile ! Et qu'en sera-t-il demain si d'urgence une quelconque épidémie oblige à une lutte anti-vectorielle immédiate ?

Mais pour l'instant, ne nous abandonnons pas au pessimisme. On peut encore espérer que nos euro-technocrates, administrativement compétents mais volontiers utopistes, retrouveront la sagesse grâce à un recyclage paradigmatique sans complaisance, à la fois économique et écologique. Un recyclage soutenu, voire imposé, par les politiques européens, hommes de raison et de devoir.