

LA LUTTE CONTRE COCHENILLES

INTERVENTIONS CLASSIQUES ET PERSPECTIVES

ACTUELLES.

D'après la conférence de :

C. BENASSY

I.N.R.A. - Station de la lutte Biologique 06602 ANTIBES

Dans tous les pays riverains du Bassin méditerranéen, les cochenilles, par suite des populations denses qu'elles constituent, provoquant des dégâts d'intensité variable selon les régions. Elles revêtent à ce titre une importance économique considérable au niveau de l'agrumiculture locale.

Mais leur faculté de pulluler les rend très vulnérables, par contre, aux attaques des entomophages. Aussi depuis de longues années déjà font-elles l'objet d'études variées en vue de l'utilisation pratique de divers parasites, généralement importés.

En attendant cependant les résultats des essais en cours entrepris par la voie biologique dans différents pays, les méthodes classiques de lutte contre les Cochenilles demeurent, à de rares exceptions près, d'ordre chimique : ce sont la fumigation cyanhydrique et les pulvérisations.

La première ne tient compte dans sa mise en place que des conditions du milieu, la température et l'hygrométrie constituant des facteurs majeurs pour la réussite du traitement. Sa réalisation en est cependant délicate. Par contre, la fumigation manifeste une efficacité totale, car elle tue indistinctement tous les stades de l'insecte et comme telle, ne s'applique qu'une fois l'an.

Les secondes d'autant plus efficaces qu'elles sont appliquées sur les jeunes stades fixés devraient tenir compte des périodes de reproduction massive des différentes espèces ce qui amènerait à les renouveler selon les années, l'importance des populations et l'efficacité constatée, 2 et même 3 fois l'an. Dans la pratique cependant, techniciens et agrumiculteurs basent bien souvent les époques d'intervention en grande partie sur l'état végétatif des arbres, par suite des risques de phytotoxicité présentés par les produits commerciaux à base d'huile de pétrole. Utilisées compte-tenu de ce seul critère les pulvérisations sont le plus souvent d'une efficacité insuffisante.

I - INTERVENTIONS CLASSIQUES

a) La fumigation cyanhydrique

Bien que faisant figure aujourd'hui de technique ancienne, la fumigation est encore employée d'une façon courante dans certaines localités marocaines contaminées par le Pou de Californie pour lutter efficacement contre les pullulations de ce dangereux ravageur. Elle constitue, en effet, la seule méthode permettant d'assainir le plus sûrement et le plus rapidement des arbres fortement encroûtés. Sur fruits, les écarts de triage plafonnent à 1 p. 100 environ après une fumigation.

Malgré cette efficacité incontestable, les précautions dont on doit s'entourer dans la manipulation des produits utilisés (acide cyanhydrique liquide ou cyanure de calcium), les risques de phytotoxicité qu'elle présente si la durée d'exposition sous bâche vient à être dépassée, ont imposé de tout temps à cette méthode le respect de règles strictes d'emploi.

C'est ainsi que la température doit être comprise entre 10° C et 30° C, l'atmosphère calme, l'hygrométrie supérieure à 35 p.100 avec un sol sec, sans rosée, les irrigations périodiques se situant toujours après le bûchage. Celui-ci sera différé s'il devait être utilisé au moment du virage des fruits ou avant trois mois d'une application de sels métalliques, dans le cas d'un verger traité contre les carences de tout ordre.

Si malgré ces précautions, qui restreignent l'utilisation de la fumigation à la période estivale de juillet à fin septembre, certains accidents dus à des concentrations trop fortes d'HNC venaient à se produire, on doit savoir que les symptômes enregistrés varient avec la sensibilité des différentes variétés. Parmi celles-ci, on peut citer par ordre de résistance croissante : Hamlins, Navel et Valencia Late, citronniers et clémentiniers.

Voilà une quinzaine d'années au Maroc, cette méthode comparée aux pulvérisations (CANGARDEL, 1958) apparaissait comme la plus efficace. Dans le cas de ces dernières, le mode d'application plus que les matières actives employées était tenu pour responsable des résultats médiocres obtenus.

Malgré ceux-ci, les pulvérisations qui ont supplanté partout la fumigation cyanhydrique font figure de méthode actuelle d'intervention par suite, sans conteste, de leur commodité d'emploi.

b) Les pulvérisations

Réalisées avec soin et à l'époque favorable, elles permettent de maintenir les populations de Cochenilles dans des limites économiques satisfaisantes pour des plantations moyennement infestées, mais elles font preuves souvent d'effets irréguliers dans le cas de fortes infestations.

Depuis le début de leur utilisation, elles ont donné lieu à d'innombrables travaux, portant le plus généralement sur la valeur insecticide des produits testés, dont la synthèse devait conduire très rapidement à l'édification d'un programme considéré comme classique aujourd'hui, associant ou non selon les saisons, les huiles de pétrole et les esters phosphoriques (parathion, gusathion, malathion, méthidathion).

Mais au cours des 10 dernières années, l'application de cette technique de lutte permit l'acquisition d'intéressantes précisions compte-tenu d'un certain nombre de faits apparus récemment.

Des contraintes économiques nouvelles telles que la concurrence à l'exportation toujours plus âpre entre pays producteurs d'Agrumes, la législation future sur la persistance des résidus toxiques et l'apparition du phénomène de résistance, dont un cas se développerait chez *A. aurantii* en Australie (ABDELRAHMAN, 1973), militaient, en effet, dans le sens d'une réduction des traitements appliqués avec maintien cependant de leur efficacité.

Or tous les travaux récents consacrés au Pou de Californie, qui représente actuellement parmi les Cochenilles le ravageur le plus important, concourent à la révision souhaitée des programmes d'intervention.

C'est ainsi que la découverte d'une phéromone chez les femelles d'*A. aurantii* (TASHIRO et CHAMBERS, 1967) permet actuellement en vergers la détection précoce d'une légère infestation de Pou de Californie, qui pouvait très aisément échapper au contrôle visuel le plus rigoureux (SHAW, MORENO et FARGERLUND, 1971).

Cette détection initiale ne justifie cependant une intervention que lorsque le seuil économique de tolérance risque d'être dépassé. Or le caractère explosif que revêtent toujours les pullulations d'*A. aurantii* où qu'elles soient, fait que ce seuil a dû être recherché au niveau de très faibles densités de la Cochenille.

Déterminé empiriquement au Maroc, il était de 1 à 2 Cochenilles femelles vivantes par mètre linéaire de gourmands au printemps. Au-delà de ce nombre, on est assuré d'avoir des infestations non supportables économiquement sur fruits.

En Palestine ou GRUNBERG (1969) a mis en évidence l'étroite corrélation existant en été entre l'infestation visible sur les feuilles et la propreté des fruits récoltés le maximum de fruits écartés ne doit pas dépasser 10 p.100, compte-tenu du prix des traitements. C'est ainsi que dans les conditions économiques et climatiques particulières de ce pays, il semble que la densité faible de 0,01 Cochenille par feuille — soit 1 p.100 des feuilles attaquées en juillet-août conduise à moins de 10 p.100 d'écartés de triage dus à *A. aurantii* à la récolte. Par contre si la population de Cochenilles atteint et dépasse 0,02 Cochenilles vivantes par feuille, le seuil économique de tolérance est toujours dépassé.

Or celui-ci se situant très bas dans le cas du Pou de Californie, l'utilisation de cette notion à son sujet, conduit en fait à intervenir le plus souvent dès la détection des premières infestations. Ceci pose en l'absence de la réduction possible du nombre des traitements, le problème du choix du type de matière active à utiliser, choix qui relance périodiquement la controverse déjà ancienne entre l'huile de pétrole et les produits organophosphorés.

A l'échelle de citronniers, LIOTTA et MINEO (1974) estiment lors d'une expérimentation récente dirigée en Sicile contre *A. aurantii* que la substitution des huiles blanches par les produits organophosphorés ne se justifie pas, car la mortalité relevée dans les parcelles traitées avec les huiles blanches n'a pas été significativement différente de celle observée dans les autres produits.

Cette opinion concorde en première analyse avec celle que pouvait formuler CARMAN (1969) au terme de son étude comparative des formules huile blanche ou parathion appliquées au moyen de pulvérisations normales dans la lutte contre *A. aurantii* en Palestine. Si à l'échelle d'une plantation, il n'y a pas de différence significative dans le nombre d'arbres attaqués entre les 2 parcelles ce qui mettrait à égalité les 2 formulations du point de vue efficacité, il en existe par contre de très importantes sur un arbre déterminé, en fonction de la strate végétale considérée. C'est ainsi que le sommet des arbres héberge en moyenne 50 fois plus de Cochenilles vivantes dans le bloc traité aux huiles que dans celui traité au parathion, où la mortalité liée à la dispersion du produit apparaît comme sensible uniforme quel que soit le niveau.

Par contre, la rapidité de ruissellement des huiles provoque la mortalité maximale à la base des arbres, niveau où se concentre chaque fois le produit. En vue d'améliorer la répartition de ce dernier, l'utilisation de la technique des applications à bas volume a été essayée compte-tenu du mode d'action des huiles minérales sur les Cochenilles Diaspines (GRUNBERG, 1967).

La mortalité en résultant, et partant l'efficacité du produit employé, peut être aujourd'hui mise en évidence beaucoup plus rapidement qu'autrefois : une semaine est actuellement suffisante pour juger de la qualité insecticide d'un produit alors qu'avant 6 semaines en moyenne, et même davantage parfois selon les conditions climatiques, étaient nécessaires pour obtenir le même résultat. A l'attente, toujours plus ou moins longue, de l'apparition chez les individus morts de la coloration sombre caractéristique jointe à leur dessèchement progressif, caractérisant la méthode classique, on substitue aujourd'hui une technique rapide basée sur des réactions enzymatiques en sachant que les enzymes des Cochenilles vivantes ont la capacité de réagir avec l'iode en donnant des produits iodés incapables de colorer l'amidon.

Le réactif bleu préparé par ISHAAYA et SWIRSKY (1970) par l'association d'amidon et d'une solution d'iode imprégnant un bloc de gélose ou plus simplement un fragment de papier blanc est mis en contact de Cochenilles percées au préalable dans le cas de test de laboratoire ou fermement écrasées entre les 2 mâchoires d'une presse, si l'on travaille en plein air. Environ 15 minutes plus tard, les plages décolorées apparaissant autour de la Cochenille témoignent que cette dernière était vivante au début du test. Le réactif conserve sa couleur bleue par contre, si les cochenilles sont mortes. Or la sensibilité aux produits toxiques des différents stades du Pou de Californie par exemple, n'est pas uniforme. Elle présente de très grandes variations qui sont sans rapport cependant avec l'âge des individus observés. Si les Cochenilles adultes, vu leur taille, sont les plus faciles à récolter aisément, ce sont les 2ème stades femelles au cours de leur mue au stade adulte qui sont les plus résistants (ABDEL-

RAHMAN, 1973). Ils devraient à ce titre servir de matériel test pour l'application rigoureuse de la méthode employée.

Et c'est ainsi qu'au certain empirisme qui présidait le plus généralement à l'application des pulvérisations insecticides contre les Cochenilles a succédé une recherche coordonnée dont les premières applications sont ressenties aujourd'hui, au niveau de la détermination du seuil d'intervention et du contrôle rapide de l'efficacité, si actuellement la question du type de produit à préconiser, ne peut être définitivement tranchée.

En outre, les mêmes contraintes économiques et techniques qui provoquèrent cette évolution dans l'emploi des pulvérisations devaient également au cours des 2 dernières décennies orienter toute l'activité relative à la protection des plantes vers l'étude des possibilités pratiques d'utilisation de la lutte biologique.

II - PERSPECTIVES ACTUELLES

La lutte biologique :

Celle-ci a pour but par l'utilisation d'entomophages efficaces de maintenir les populations de ravageurs au-dessous de la limite économiquement tolérable par le végétal. Bien qu'on ignore encore exactement toutes les possibilités pratiques, elle fait figure de méthode d'avenir associée ou non à l'emploi rationnel de substances chimiques dans un programme coordonné de lutte.

Nous sommes loin aujourd'hui cependant de l'acclimatation rapide, dépassant toutes les espérances (IMMS, 1931), de *Novius cardinalis* MULS, introduit en 1889 pour lutter contre *Icerya purchasi* MASK, en Californie. Si encore certaines implantations résultent d'un heureux hasard dû, dans le cas de l'introduction, par exemple, d'*Aphytis holoxanthus* DE BACH en Palestine en 1956, aux difficultés rencontrées dans la détermination exacte des espèces du genre *Aphytis* évoluant sur le Pou de Californie en Chine (FLANDERS, 1969) il y a lieu de ne négliger aucun effort dans la plupart des cas, car avec DE BACH (1951) on doit penser que le nombre de réussites attendues est proportionnel à celui des cas étudiés.

Particulièrement développée au niveau des Homoptères fixés des Agrumes depuis les travaux Californiens sur le Pou de Californie (DE BACH 1962), sa mise au point et son utilisation pratique s'appuient donc sur une connaissance approfondie de l'écologie du ravageur à combattre et de la biologie des entomophages et supposent que soient résolus un ensemble de problèmes techniques spécifiques, avant qu'une expérimentation préalable ayant jugé de l'efficacité de l'entomophage concerné, on puisse par l'exploitation alors rationnelle de cette méthode de lutte procéder à un premier bilan réaliste.

En vue de celui-ci, savoir produire aisément l'agent biologique de lutte avant de le manipuler en verger est à la base de tout essai pratique de cette technique d'intervention.

Depuis FLANDERS (1947, 1949) qui a défini quelles devaient être les qualités du parfait hôte végétal de substitution, on sait multiplier la plupart des Cochenilles Diaspines sur ces hôtes "anormaux allant des citrons partiellement paraffinés afin d'éviter une trop rapide dessiccation (TASHIRO, 1966) jusqu'aux tubercules de pomme de terre en passant par les fruits d'un grand nombre de Cucurbitacées variées.

Le choix est plus restreint quand on étudie les Lécánines où l'hôte accepté se révèle plus ou moins spécifique, chaque espèce de Cochenille s'étant révélée apte après essai à se multiplier sur une variété de Cucurbitacée déterminée.

C'est ainsi que 2 variétés permettent actuellement un élevage plus ou moins satisfaisant de *Saissetia oleae* BERN et des différents Ceroplastes. Ce sont le "butternut squash" des auteurs américains pour le premier et la variété Hyuga de *Cucurbita moschata* pour les seconds.

Le spectre des hôtes de substitution s'avère déjà un peu plus large avec *Coccus hesperidum* qui se développe sur les fruits de diverses Cucurbitacées dont ceux de *Citrullus vulgaris* var. *citroides* (BARTLETT et LAGACE, 1961). Encore faut-il que ces fruits répondent à certaines normes précises concernant leur âge, leur couleur et leur état et qu'on entoure ces élevages de soins judicieux afin d'éliminer régulièrement par des méthodes diverses. Le miellat sécrété par l'insecte qui faute de quoi engluie les larves mobiles et asphyxie les stades avancés en recouvrant progressivement toute la surface du fruit. Ce phénomène se produit d'ailleurs également avec l'autre méthode, celle utilisant les tubercules germés de pomme de terre pour multiplier *Saissetia oleae* BERN. et les diverses Pseudococcines.

Pour remédier entre autres à ces difficultés liées en grande partie au développement de l'insecte sur un hôte inhabituel, on devait rechercher une méthode plus proche de la réalité quotidienne. On la trouva pour les Cochenilles des Citrus notamment dans l'utilisation de feuilles bouturées, compte-tenu des possibilités de prolonger leur vie en les faisant raciner (HALMA, 1931; SALOMON et MENDEL, 1965). Cette méthode nécessite en fait une installation de "mist-system" pour l'obtention d'un enracinement régulier. Elle a été améliorée récemment par PANIS (1973) du point de vue rendement et facilités de manipulation. Dans le cadre du projet F.A.O. poursuivi en Grèce actuellement, cette méthode est utilisée à Corfou (PAPPAS et TZORAS, 1974) pour produire sur *C. hesperidum* divers parasites de *S. oleae* en comparaison avec la méthode pratiquée à Chania (Crète), employant cette fois des fruits de Cucurbitacées, en vue de la production dans ce secteur de parasites identiques.

Quel que soit le végétal support adopté, l'implantation régulière à sa surface d'une population uniforme de Cochenilles est un gage de succès et de rendement pour les élevages entrepris. Cela suppose cependant une connaissance parfaite du comportement des jeunes larves mobiles à l'éclosion afin de récolter le maximum d'individus dans le minimum de temps. Le phototropisme positif manifesté par la plupart des espèces dès qu'elles sont en activité permet leur récolte automatique par la technique de la ligne d'ombre développée initialement par DE BACH et WHITE (1960) dans le cas d'*Aspidiotus hederæ* VALLOT. Depuis, l'existence du rythme d'éclosions reconnu chez *A. aurantii* par WILLARD (1972) diminue la période des récoltes quotidienne des larves mobiles de cette espèce en la limitant aux premières heures de lumière qui suivent chaque jour immédiatement la phase obscure dans des élevages soumis à des conditions régulières de photopériodes alternées.

Après la dispersion sur le végétal des jeunes larves récoltées, l'obscurité totale dans laquelle l'ensemble doit être plongé assure la fixation immédiate de tous les individus présents. C'est ainsi que les espèces fortement phototropiques positives sont de multiplication aisée en permettant l'édification rapide d'élevages de masse importants.

Par contre avec *L. beckii* par exemple, où les jeunes larves sont insensibles à la lumière, la standardisation des élevages s'avère plus aléatoire, face aux difficultés d'obtenir rapidement des populations denses, régulières et d'âge uniforme.

Au niveau de la production, les espèces multipliées peuvent être soit celle à combattre dans le cas de l'utilisation d'un parasite spécifique, c'est le fait de *L. beckii* avec *Aphytis lepidosaphes* (DE BACH et LANDI, 1961), soit un hôte de substitution lorsque l'entomophage est polyphage. C'est notamment le cas avec *Aphytis melinus* DE BACH qui parasite de préférence les stades adultes des femelles de diverses Diaspines utilisé sur une souche parthénogénétique d'*A. hederæ* dont tous les individus présents sont autant d'hôtes disponibles pour le parasite.

La multiplication de la cochenille-hôte étant assurée, celle de l'entomophage ne se heurte à aucune difficulté particulière, si l'on dispose d'une connaissance suffisante de sa biologie. Les prédateurs et les espèces parthénogénétiques d'hyménoptères parasites sont d'un élevage simple, une alimentation abondante pour les premiers et des densités d'hôtes moyennes pour les seconds leurs assurent, placés dans les conditions optimales de température et d'hygrométrie, une multiplication régulière et rapide.

Par contre, chez de nombreuses espèces bisexuées des 2 familles les plus importantes de microhyménoptères parasites de Cochenilles (*Aphelinides*, *Encyrtides*) le développement du sexe mâle en tant que parasite secondaire des larves mûres, soit de leur propre espèce, soit d'autres voisines a limité fréquemment l'emploi de ces parasites.

Dès lors, quel que soit leur mode de production, ces entomophages sont dispersés en verger en vue de leur acclimatation selon des méthodes, qui en l'absence de données quantitatives précises — et pour les rares fois qu'elles sont décrites — ne sont pas exemptes d'un certain empirisme. Celle de la colonisation continue d'*Aphytis melinus* proposée par DE BACH et WHITE (1960) dans la lutte contre *A. aurantii* fixe à un million d'individus (soit 4000 parasites/arbre) le nombre de parasites à libérer selon un protocole déterminé pour obtenir leur implantation dans tous les points de lâcher.

Si l'implantation au niveau d'un arbre, d'un verger ou d'une région peut être observée par un simple échantillonnage destiné à retrouver par la détermination des adultes éclos la trace des entomophages libérés antérieurement, l'estimation de l'efficacité des auxiliaires introduits demande par contre des méthodes qui varient en fonction du but poursuivi.

Elles peuvent être globales s'il s'agit d'estimer comparativement chaque année l'efficacité d'un entomophage soit en cours de saison, soit au moment de la récolte mais elles doivent être plus précises, s'il convient de suivre régulièrement toute l'année l'implantation progressive d'un parasite.

C'est ainsi, par exemple, qu'une idée de l'efficacité des différentes espèces d'*Aphytis* utilisées contre *Aonidiella aurantii* nous est donnée par l'école Californienne (DE BACH, 1969; DE BACH et HUFFAKER, 1971; DE BACH, ROSEN et KENNETH, 1971). Au niveau d'une branche, d'un secteur de l'arbre ou d'un Citrus dans sa totalité; on apprécie l'importance numérique de populations de Pou de Californie soumises ou non à l'action directe de ses ennemis naturels. L'élimination de ces derniers peut être artificielle si elle s'effectue au moyen d'un traitement chimique sans action directe sur le ravageur concerné, ou naturelle, lorsque les fourmis colonisant normalement les arbres, interfèrent avec les entomophages existants.

Pour les parasites du Pou de Californie, leur élimination par l'utilisation du D.D.T. met en évidence leur efficacité (Tableau I), tandis que ce même produit étant toxique pour *L. beckii*, il faut avoir recours à l'endrin, aujourd'hui interdit, pour estimer d'une façon valable l'efficacité d'*A. lepidosaphes*.

Tableau I

Efficacité de la faune entomophage d'*A. aurantii* démontrée par son élimination artificielle (x)

Verger	Localité	Densité de la population d' <i>A. aurantii</i>			
		Densité initiale		Densité finale	
		Traitée au D.T.T.	Non Traitée	Traitée au D.T.T.	Non traitée
1	Irvine, Orange C°	0	2	125	3
2	Sespe, Ventura C° Biological Control Grove	1	1	425	7
3	Riverside C° Birdsall, San Bernardino	8	2	246	8
4	C°	0	0	67	6
5	Beemer, San Diego C°	4	5	158	3

(*) Inspiré de DE BACH et HUFFAKER, 1971.

Ainsi, dans un verger de Californie régulièrement traité à l'endrin du début de l'année 1958 à la fin de l'année 1961, la densité de Cochenille virgule passait de 174 individus à 8025 au début de 1961 pour atteindre 20.615 à son terme, alors que dans le même temps le témoin ne dépassait par 288 et 158 individus aux mêmes dates mettant en évidence l'efficacité reconnue du parasite.

De même, l'élimination des fourmis liées aux Cochenilles sécrétrices de miellat en laissant la possibilité aux parasites d'agir librement met en évidence tout l'intérêt de la faune d'entomophages variés qui évoluent aux dépens de ce groupe de Cochenilles (tableau II).

Tableau II

Efficacité de la faune entomophage de différentes Cochenilles démontrée par l'élimination des fourmis associées (x)

Cochenille	Localité	Densité de la population finale	
		Fourmis absentes	Fourmis présentes
Saissetia oleae	Escondido	2	58
Pseudococcines	Montecito	5	16
Coccus hesperidum	Escondido	0	13

(x) Inspiré de DE BACH et HUFFAKER (1971)

Ce sont là des méthodes qui permettent d'apporter un premier élément d'appréciation sur la valeur d'un entomophage déterminé.

Mais une estimation quantitative plus précise basée sur la valeur marchande réelle de la récolte obtenue comparativement dans 2 vergers distincts, l'un soumis à la lutte biologique et l'autre non, nous est fournie par l'observation du pourcentage des écarts de triage constatés dans ces 2 conditions. Cette méthode qui réclamait une main-d'œuvre abondante afin de trier le nombre de fruits indispensables à la validité des résultats, fut adoptée au Maroc lors des premiers essais pour la mise au point de la lutte biologique contre le Pou de Californie (BENASSY et EUVERTE 1968 ; 1970). Elle est aujourd'hui de pratique courante dans l'estimation de l'efficacité d'*A. melinus* en toute région (ABBASSI, et EUVERTE, 1974).

Cependant, dans toute zone d'introduction d'un entomophage dans les mois qui suivent son lâcher, il est généralement indispensable de pouvoir suivre les modalités pratiques de son implantation en faisant appel à la dynamique des populations.

Les variations de la densité des populations de Cochenilles observées au niveau des différents éléments (rameaux, feuilles, fruits) d'un *Citrus* sont le résultat de la présence de l'entomophage, dont l'activité aux dépens de son hôte s'exprime d'une façon habituelle lors de chaque échantillonnage par le calcul d'un taux de parasitisme.

Or la valeur de ce dernier n'est pas toujours en rapport direct avec l'efficacité du parasite. Dans le cas des diverses espèces d'*Aphytis* notamment, DE BACH (1969) a montré qu'un taux de parasitisme

de l'ordre de 15 à 20 p.100 est suffisant à lui seul pour maintenir les populations de Pou de Californie à un très bas niveau. D'après la somme des diverses données recueillies par l'auteur, il apparaît qu'à ce pourcentage de parasitisme, une faible augmentation de taux s'exprime par un très fort accroissement de la mortalité de la Cochenille attaquée, car nombreuses sont les femelles de Pou de Californie qui dans ce cas précis sont tuées par l'action directe des parasites se nourrissant aux dépens de leur hôte.

Ces démarches successives dans l'établissement d'une lutte biologique possible aux dépens des Cochenilles des Citrus, ont conduit déjà dans le Bassin méditerranéen à un certain nombre de résultats pratiques intéressants.

Le premier en date est l'élimination du Pou de Floride (*Chrysomphalus ficus* ASHMED) obtenue par l'action conjuguée d'un *Aphytis* (que l'on croyait être *A. linguensis* COMPERE) et de *Pteroptrix smithi* COMPERE, espèces toutes deux introduites d'Hong-Kong, où elles furent récoltées entre 1956 et 1957. Immédiatement lâchées, dès réception, elles s'implantèrent cependant d'une façon différente.

L'établissement de l'*Aphytis* fut rapidement évient et son introduction un véritable succès car moins de 2 ans après son lâcher, il était retrouvé dans toutes les zones agrumicoles du pays, sa dispersion ayant été facilitée artificiellement par le transport de vergers à vergers de matériel parasité et par des lâchers de parasites multipliés en Insectarium. C'est ainsi que la Cochenille, considérée initialement comme un ravageur d'importance économique primordiale fut éliminée de toute la plaine côtière, lieu d'élection des plantations de Citrus, au cours des 2 ou 3 premières années qui suivirent l'importation de l'*Aphytis* (FLANDERS, 1969). Tout au plus subsista-t-elle sous forme de quelques foyers limités dans la Vallée du Jourdain où les conditions climatiques limitent l'efficacité d'*Aphytis* (ROSEN, 1967).

L'erreur d'identification initiale ayant été réparée c'est à une nouvelle espèce *A. holoxanthus* DE BACH, (DE BACH, 1960) qu'on devait le succès enregistré, tandis que de son côté *P. smithi* mit 5 ans environ à se disperser dans la plaine côtière où il semble se maintenir sur des densités très faibles d'hôtes. Ce dernier parasite possède ainsi une efficacité complémentaire de celle du premier dont l'activité s'exerce principalement au niveau de fortes densités d'hôtes.

En outre, le Pou Rouge (*C. dictyospermi* MORG.) espèce locale très abondante dans la partie occidentale du Bassin méditerranéen a pratiquement disparu également dans toutes les zones où *A. melinus* a été introduit que ce soit au Maroc (BENASSY et EUVERTE, 1970), en Grèce (ARGYRIOU, 1974) ou en Turquie. Dans ce dernier pays, l'action d'une souche locale de l'endophage polyphage cosmopolite *Aspidiotiphagus citrinus* CRAW. y aurait contribué en s'associant à celle, déjà visible d'*Aphytis* (TUNCYURECK et ONGUER, 1974).

Quand au Pou de Californie (*Aonidiella aurantii* MASK.) il est en régression partout où *A. melinus* a été importé (BENASSY, 1973).

Si des solutions satisfaisantes à l'échelle locale ont été obtenues avec un minimum de frais en Grèce (DE BACH et ARGYRIOU, 1967 ; ARGYRIOU, 1969) comme en Italie (INSERRA, 1970), l'ampleur du problème *A. aurantii* au Maroc (DELUCCHI, 1965) réclama par contre une expérimentation en rapport basée sur la mise au point d'un élevage de masse suffisant (EUVERTE, 1967) avant de pouvoir envisager toute diffusion possible à l'échelle du pays.

L'efficacité d'*A. melinus* s'avérant pourtant ça et là incomplète, on fit appel localement à des lâchers complémentaires de *Comperiella bifasciata* HOW. au Maroc comme en Grèce (ARGYRIOU, 1974), l'efficacité d'une telle association ayant été reconnue par ailleurs.

Par contre, en Palestine, *A. coheni* DE BACH, originaire vraisemblablement d'Extrême Orient importé accidentellement avec *A. holoxanthus* joue le rôle principal dans la limitation des populations du Pou de Californie. Il a éliminé le parasite indigène *Aphytis chrysomphali* et constitue la seule espèce re-

trouvée dans les vallées intérieures du pays et la plus abondante de celles récoltées dans la plaine côtière. Son efficacité satisfaisante, renforcée dans quelques cas en cours de saison par l'emploi de pulvérisations aux huiles de pétrole, destine cette espèce à se voir utiliser dans diverses régions de la Méditerranée. Elle a été introduite ainsi à Chypre (WOOD, 1963) et en Grèce (DE BACH, 1964).

Aujourd'hui l'expérience obtenue dans la manipulation des agents biologiques de lutte responsables de l'efficacité observée dans les 3 cas brièvement résumés ci-dessus met en lumière un certain nombre de faits au plan fondamental ou appliqué.

Dans tous les cas, l'élimination spécifique d'une Cochenille permet la résurgence de celles, toujours présentes, dont la multiplication pouvait être limitée ou masquée par l'abondance numérique de la Cochenille économiquement la plus abondante.

Ce fut le cas de la multiplication d'*A. aurantii* au cours des années 1958-1959 dans l'ensemble des plantations d'Agrumes de la Palestine par suite de l'élimination de *C. ficus* due à l'implantation d'*A. holoxanthus*. Un phénomène analogue pouvait être observé une décennie plus tard dans diverses plantations marocaines de la région du Rharb quand l'introduction d'*A. melinus* fit disparaître à son tour rapidement *C. dictyospermi*.

Les pullulations d'*A. aurantii* aussitôt exaltées par la disparition de l'espèce localement la plus abondante devaient à leur tour régresser dans les années suivantes sous l'action progressivement déterminante de ces mêmes Aphytis. Ce phénomène permettait à son tour la recrudescence d'activité d'espèces agrumicoles "classiques" non détruites par *A. melinus* dont les plus importantes *Parlatoria pergandei* COMST. et *Lepidosaphes beckii* NEWM. sont susceptibles à leur tour d'être combattues avec succès par l'emploi des entomophages. C'est l'association *Aphytis hispanicus* MERCET, *Prospaltella inquirenda* SILV. dans le premier cas, c'est au contraire l'espèce spécifique *Aphytis lepidosaphes* COMP. qui doit être employée dans le second, son utilisation dans les conditions de la Méditerranée ayant déjà prouvé toute son efficacité (ROSEN, 1965).

En outre, dans le cas de l'utilisation d'espèces importées comme c'est le cas dans la lutte contre le Pou de Californie, on assiste le plus généralement au remplacement de l'espèce indigène par l'espèce introduite mieux adaptée écologiquement que celle avec laquelle elle entre en compétition. C'est notamment le cas d'*A. chrysomphali* qui, bien qu'appartenant à la faune locale méditerranéenne (DE BACH, 1962) se trouve rapidement éliminé par *A. melinus* dans toutes les plantations de la Méditerranée où celui-ci a été introduit.

De même en Californie, l'atteinte de l'état d'équilibre aujourd'hui observé en fonction des 3 zones climatiques distinctes du pays est le résultat d'une évolution progressive ayant conduit successivement :
— au remplacement d'*A. chrysomphali* par *A. lingnanensis* dans toutes les zones de l'intérieur ;
— puis, sur le littoral, au retrécissement régulier de l'aire d'extension du premier en faveur du second ;
— avant que l'introduction réussie d'*A. melinus* dans toute la zone intérieure ne restreigne à la seule bordure côtière du pays, les limites de l'implantation d'*A. lingnanensis* d'où est définitivement éliminée l'espèce *A. chrysomphali* (DE BACH et SUNDBY, 1963).

Or ce dernier exemple de lutte biologique ayant réclamé près d'une vingtaine d'années pour sa mise au point à l'échelle d'un pays pose dans un cas semblable, au niveau de la pratique, le problème de la capacité de production et des prix de revient de l'agent biologique de lutte. Il convient en effet de pouvoir en disposer en quantité suffisante, à des prix économiques pour réduire le délai nécessaire à la manifestation de l'efficacité du parasite en le dispersant rapidement sur de grandes surfaces.

Un essai de ce type a été réalisé au Maroc où entraîné en pleine région agrumicole l'édification par l'Association des Producteurs d'Agrumes du Maroc (ASPAM) d'un Insectarium de production d'*Aphytis* (EUVERTE, 1974). Mais les difficultés de tous ordres rencontrées au cours de la période de rodage de cette unité, toujours inévitable en pareil cas, ont rendu aléatoire jusqu'à présent tout essai valable d'estimation du coût des parasites produits (GAZELLES, BERTIN et CULTRUT, 1974).

En bref, l'expérience marocaine récente en matière de lutte biologique contre le Pou de Californie illustre assez bien le déroulement d'un programme complet d'utilisation d'espèces importées.

Celui-ci étant en général spécifique, n'est qu'un maillon dans la chaîne des interventions successives que constitue la mise au point d'un programme général de lutte contre les divers ravageurs du verger d'Agrumes.

Au niveau des Cochenilles d'abord, l'élimination d'une espèce en provoquant la recrudescence d'activité des autres, entraîne toujours un certain nombre d'études nouvelles :

- d'ordre écologique vis-à-vis des ravageurs à éliminer pour une bonne connaissance des facteurs naturels de régulation des populations, comme base préalable à toute intervention ;
- d'ordre biologique, au niveau des espèces entomophages importées, dont l'introduction nécessite l'existence et le bon fonctionnement d'une Quarantaine ;
- avant qu'une étude écologique précise des entomophages libérés vienne renseigner sur le niveau de leur efficacité.

Si cette dernière demeure partielle, il y a lieu d'essayer de la renforcer en cours de saison au moyen de l'utilisation de substances chimiques dont les huiles de pétrole représentent dans ce cas l'élément déterminant. Cette tendance, connue sous le nom de "lutte intégrée" a été préconisée en Californie lors de l'utilisation d'*Aphytis lepidosaphes* contre *L. beckii* (DE BACH et LANDI, 1961). Depuis, le concept de la lutte intégrée s'étant acquis une audience internationale, en Europe notamment grâce au dynamisme de l'O.I.L.B. et de ses groupes de travail, la méthode s'affine. L'on en vint à concevoir que l'intervention chimique envisagée pouvait être différée mieux encore supprimée si le "seuil économique de tolérance" n'est pas atteint.

C'est dans cette voie que le problème des pullulations de *Planococcus citri* RISSO vient de recevoir un début de solution satisfaisante à ne pas négliger en vue de la mise au point rapide des pratiques de lutte à l'avenir (BENASSY, 1974). Elle conjure en effet, la détermination d'un seuil d'intervention et l'utilisation du parasite exotique *Leptomastix dactylopii* HOW., accompagnée selon les circonstances d'un traitement chimique spécifique comportant associée à une huile de pétrole, une dose réduite d'esters phosphoriques (VIGGIANI, 1974 a, b).

Selon des principes identiques, la recherche d'une lutte satisfaisante contre les autres ravageurs du verger d'Agrumes a conduit dans chaque cas la mise au point d'interventions spécifiques. Leur synthèse envisagée au niveau des plantations d'un pays a permis l'établissement de programmes coordonnés de lutte intégrée, plus ou moins complexes selon l'abondance des ravageurs existants (MALTLEY et al., 1968; BEDFORD 1968, 1973), destinés à maintenir une protection efficace de la production.

CONCLUSION

La présence sur les Agrumes, productions typiquement méditerranéenne, de Cochenilles appartenant à des familles variées a poussé de tous temps la plupart des pays producteurs à rechercher des méthodes de lutte efficace en vue d'assurer une commercialisation aisée de l'ensemble de la récolte.

Ce souci permanent entretenu par la présence constante de différents ravageurs, l'apparition de nouveaux ou les brusques pullulations de certains déjà existant, a conduit les agrumiculteurs à l'utilisation successive des diverses méthodes disponibles.

Aujourd'hui, les fumigations cyanhydriques quoique encore employées font figure de techniques anciennes; les pulvérisations, qui les ont remplacées, de techniques actuelles qui auraient tendance cependant à évoluer progressivement maintenant. Elles essayent, en effet, depuis quelques années de se dépouiller de leur ancien empirisme qui basait généralement sur la seule présence du ravageur le

déclenchement de la lutte, pour chercher à fonder sur une base plus rationnelle la nécessité de leur emploi.

Cette préoccupation nouvelle capable de provoquer à terme une réduction du nombre des interventions répond déjà en partie au courant actuel d'opinion qui, conscient du danger de l'utilisation immodérée des substances chimiques, en réclame la diminution.

C'est pourquoi, la lutte biologique dont on ignore encore toutes les possibilités pratiques représente, grâce à son acquis récent, une méthode possible pour l'avenir, associée ou non à l'utilisation rationnelle des pulvérisations dans le cadre plus large de la lutte intégrée.

Toute séduisante qu'elle soit, cette lutte biologique est loin d'être déjà du domaine de la pratique courante dans tous les pays de la Méditerranée. Mais l'audience grandissante qu'elle y rencontre en suscitant voilà quelques années déjà la création du groupe de travail "Cochenilles et Aleurodes des Agrumes" de l'O.I.L.B. devrait favoriser sa mise au point et son emploi, dès que l'harmonisation en cours au sein du groupe des méthodes générales d'étude sera achevée.

A cette époque, l'utilisation des divers entomophages selon des protocoles communs, permettra de juger d'une façon définitive et dans chaque cas précis, de l'efficacité d'une telle méthode de lutte.

BIBLIOGRAPHIE

- ABBASSI, M. et G. EUVERTE, 1974. Etude de l'efficacité et de l'acclimatation d'*Aphytus melinus* DE BACH au Maroc. *Bull. SROP*, 3 : 159-168.
- ABDELRAHMAN, I., 1973. Toxicity of Malathion to California Red Scale *Aonidiella aurantii* (MASK.) (Hemiptera ; Diaspididae). *Aust. J. agric. Res.*, 24 : 111-118.
- ARGYRIOU, L.C., 1969. Biological control of Citrus Insects in Greece. *Proceedings 1rst. Int. Citrus Symp.*, 2 : 817-822.
- ARGYRIOU, L.C., 1974. Data on the biological control of Citrus in Greece. *Bull. SROP*, 3 : 89-94.
- BARTLETT B.R. et C.F. LAGACE, 1961. A new Biological Race of *Microtays flavus*. Introduced into California for the Control of Lecaniine Coccids, with an Analysis of its Behaviour in Host Selection. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 54 (2) : 222-227.
- BEDFORD, E.C.G., 1968. Biological and Chemical Control of Citrus pests in the Western Transvaal : An Integrated Spray programme. *S. Afri. Citrus J.*, 417, 9-28.
- BEDFORD, E.C.G., 1973. Citrus Scale Insects. Biological Control proves successful. *The Citrus and Sub. Tropical J.*, Fév. 5-11.
- BENASSY, C. 1965. Les Cochenilles des Agrumes dans le Bassin méditerranéen. *C. R. 1ères J. Phyt. Phytoph. circum-médit.* Marseille 1965, 112-124.
- BENASSY, C., 1973. Progrès réalisés au sein du groupe de travail OILB/SROP pour l'étude des Cochenilles des Agrumes. *Conférence OEPP/OILB - Nicosie avril 1973* (à paraître).
- BENASSY, C., 1974. Groupe de travail « Cochenilles et Aleurodes des Agrumes. Rapport général d'activité. Assemblée générale de l'OILB - Madrid oct. 1973 (à paraître).
- BENASSY, C. et G. EUVERTE, 1968. Essai d'utilisation pratique de la lutte biologique contre le Pou de Californie (*Aonidiella aurantii*) au Maroc. *Al Awamia*, 28 : 1-60.
- BENASSY, C. et G. EUVERTE, 1968. Note sur l'action de 2 espèces du genre *Aphytis* en tant qu'agents de lutte biologique contre 2 Coccides des Citrus (*Aonidiella aurantii* MASK. et *Chrysomphalus dictyospermi* MORG.) au Maroc. *Ann. Zool. Ecol. anim.* 2, (3) : 357-372.
- CANGARDEL, H., 1960. Essais de différents traitements sur le « Pou rouge de Californie » (*Aonidiella aurantii* MASK.) *Cahiers Rech. Agron. Marocaine*, 10, 69-77.
- CAZELLES, J.P., BERTIN, A. et G. CULTRUT, 1974. Dix mois d'activité de l'Insectarium de Mechra-bel-Ksiri. *Bull. SROP*, 3 : 121-130.
- DEBACH, P. 1951. The necessity for an ecological approach to pest control on Citrus in California. *J. Econ. Ent.*, 44 : 443-447.
- DE BACH, P., 1962a. Biological control of the California Red Scale. *Aonidiella aurantii* MASK. on Citrus around the world. *Proc. 11 th Int. Cong. Ent. Wien.*, 2, 749-753.
- DE BACH, P., 1960. The importance of taxonomy to biological control as illustrated by the cryptic history of *Aphytis holoxanthus* n.sp. (Hymenoptera, Aphelinidae), a parasite of *Chrysomphalus aonidum*, and *Aphytis cobeni* n. sp., a parasite of *Aonidiella aurantii*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 53 : 701-705.

- DEBACH, P., 1964. Some species of *Aphytis* HOWARD (Hymenoptera Aphelinidae) in Greece. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki, N.S.*, 7 : 5-18.
- DE BACH P., 1969. Biological control of diaspine scale insects on *Citrus* in California. *Proc. Ist. Int. Citrus Symp. Riverside, Calif.* (1968), 2 : 801-816.
- DE BACH, P. et L.C. ARGYRIOU, 1967. The colonization and success in Greece of some imported *Aphytis* spp. (Hym. Aphelinidae) parasitic on Citrus scale insects (Hom. Diaspididae). *Entomophage*, 12 : 325-342.
- DE BACH, P., et J. LANDI, 1961. The introduced purple scale parasite *Aphytis lepidosaphes* COMPERE, and a method of integrating chemical with biological control. *Hilgardia*, 31 : 459-497.
- DE BACH, P. et C.B. HUFFAKER, 1971. Experimental techniques for evaluation of the effectiveness of natural enemies in HUFFAKER : Biological control : 113-140, Plenum Press. New York.
- DE BACH, et R.A. SUNDBY, 1963. Competitive displacement between ecological homologues. *Hilgardia*, 34 : 105-166.
- DE BACH, P. et E.B. WHITE, 1960. Commercial mass culture of the California red scale parasite, *Aphytis lingnanensis*. *California Agr. Expt. Sta. Bull.* 770, 58 p.
- DE BACH, P., ROSEN, D. et KENNETT, 1971. Biological control of Coccids by introduced natural enemies in HUFFAKER : Biological control : 165-194, Plenum Press. New York.
- DELUCCHI, V., 1965. Notes sur le Pou de Californie (*Aonidiella aurantii* MASKELL) au Maroc (Hom. Coccoidea). *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 1 : 739-788.
- EUVERTE, G., 1967. L'Insectarium de lutte biologique. Production massive d'*Aphytis* parasites de Cochenilles. *Al Awamia*, 23, 59-100.
- EUVERTE, G., 1974. Utilisation pratique au Maroc du genre *Aphytis* (Hymenoptère, Aphelinidae) comme agent de lutte biologique contre *Aonidiella aurantii* MASKELL (Homoptère, Diaspididae). *Thèse Université Paris VI*, 98 pp.
- FLANDERS, S.E., 1947. Use of potato tuber in mass culture of Diaspine Scale Insects. *Journ. Econ. Ent.*, 40 (5) : 746-747.
- FLANDERS, S.E., 1949. Culture of entomophagous Insects. *Can. Ent.*, 81, (11) : 257-274.
- FLANDERS, S.E., 1969. An historical account of *Casca smithi* and its competitor *Aphytis boloxanthus* parasites of Florida Red Scale. *Palestine J. Ent.*, 4 : 29-40.
- HALMA, F.F., 1931. Propagation of Citrus by cuttings. *Hilgardia*, 6 : 131-157.
- HARPAZ, I. et D. ROSEN, 1971. Development of integrated control programs for crop pests in Palestine - in HUFFAKER : Biological control, 458-468, Plenum Press New York.
- IMMS, A.D., 1931. Recent advances in Entomology. *J. and Churchill*, London, 374 p.
- INSERRA, S., 1970. Acclimatation, diffusion et notes sur la biologie d'*Aphytis melinus* DE BACH en Sicile. *Al Awamia*, 37 : 39-46.

ISHAAYA, I. et E. SWIRSKY, 1970. A rapid laboratory test for determining death in some armored scale species (Coccoidea, Diaspididae). *Ent. exp. et appl.*, 13, 37-42.

JARRAYA, A., 1975. Contribution à l'étude des interactions hôte-parasite chez *Coccus hesperidum* L. (Hom. Coccidae) et de son parasite *Coccophagus scutellaris* DALM. (Hym. Aphelinidae). *Thèse, Université Paris VI*, 100 pp.

LIO'ITA, G. et G. MINEO, 1974. Essais de lutte chimique contre *Aonidiella aurantii* (MASK.). *Bull. OEPP/EPPO*, 4 : 381-385.

MALTY, H.E., JIMENEZ-JIMENEZ, E. et P. DE BACH, 1968. Biological control of armored scale insects in Mexico. *J. Ent. Entomol.*, 61 : 1086-1088.

PANIS, A., 1973. Rapport technique pour l'aménagement et le fonctionnement d'une unité de production de parasites de *Saissetia oleae*. F.A.O., Athènes 35 pp.

PAPPAS, S. et A. TZORAS, 1974. Elevage de parasites de *Saissetia oleae* (BERN.), sur un hôte de remplacement *Coccus hesperidum* (L.) maintenu sur feuilles enracinées d'aurantiacées. C.R. 3ème Réunion Groupe de travail « Cochenilles et Aleurodes des Agrumes » SROP/OILB Palerme, sept. 1974. *Fruits*, 30 (1) : 23-30.

SALOMON, E. et K. MENDEL, 1965. Rooting of Citrus laef cuttings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 86 : 213-219.

SHAW, J.G., MORENO, D.S. et J. FARGERLUND, 1971. Virgin female California Red Scale used to detect infestation. *J. Econ. Ent.*, 64 : 1305-1306.

TASHIRO, H., 1966. Improved laboratory techniques for rearing California red scale on lemons. *J. Econ. Ent.*, 59 : 604-608.

TASHIRO, H. et D.L. CHAMBERS, 1967. Reproduction in the California red scale *Aonidiella aurantii* (Homoptera, Diaspididae). I. Discovery and extraction of a female sex pheromone. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 60 : 1166-1170.

TUNCYURECK, M. et C. ONCUER, 1974. Studies on Aphelinid parasites and their host Citrus Diaspine Scale Insects in *Citrus* orchards of Aegean region. *Bull. SROP/OILB*, 3 : 95-108.

VIGGIANI, G., 1974 a. Méthode d'estimation des populations de *Planococcus citri* RISSO au niveau d'une plantation d'Agrumes. C. R. 3ème réunion du groupe de travail « Cochenilles et Aleurodes des Agrumes ». Palerme, sept. 74. *Fruits* - 30 (1) : 23-30.

VIGGIANI, G., 1974 b. Réintroduction de *Leptomastix dactylopii* (HOW.) comme moyen de lutte biologique contre *Planococcus citri* (RISSO). C.R. 3ème réunion du groupe de travail « Cochenilles et Aleurodes des Agrumes ». Palerme, sept. 74. *Fruits*, 30 (1) : 23-30.

WILLARD, J.R., 1972. The rhythm of emergence of crawlers of California Red Scale, *Aonidiella aurantii* (MASK.), (Homoptera, Diaspididae). *Aust. J. Zool.*, 20 : 49-65.

WOOD, B.J., 1963. Imported and indigenous natural enemies of Citrus Coccids and Aphids in Cyprus and an assessment of their potential value in integrated control programs. *Entomophaga*, 8 : 67-82.