



HAL
open science

Une pullulation de la cochenille *Matsucoccus feytaudi* provoque un début de dépérissement du Pin maritime en Corse.

Hervé Jactel, P. Menassieu, A. Ceria, C. Burban, J. Regad, S. Normand, E. Carcreff

► To cite this version:

Hervé Jactel, P. Menassieu, A. Ceria, C. Burban, J. Regad, et al.. Une pullulation de la cochenille *Matsucoccus feytaudi* provoque un début de dépérissement du Pin maritime en Corse.. *Revue forestière française*, 1998, 50 (1), pp.33-45. 10.4267/2042/5510 . hal-03443558

HAL Id: hal-03443558

<https://hal.science/hal-03443558>

Submitted on 23 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE PULLULATION DE LA COCHENILLE *MATSUCOCCUS FEYTAUDI* PROVOQUE UN DÉBUT DE DÉPÉRISSEMENT DU PIN MARITIME EN CORSE

H. JACTEL - P. MENASSIEU - A. CERIA - C. BURBAN
J. REGAD - S. NORMAND - E. CARCREFF

L'évocation d'un dépérissement du Pin maritime lié à une pullulation de la cochenille *Matsucoccus feytaudi* Duc. rappellera de fâcheux souvenirs aux forestiers méditerranéens. En 1956, en effet, deux foyers de mortalité sont signalés dans des peuplements de Saint-Tropez et du Lavandou, fortement infestés par des insectes xylophages. En 1963, Joly attribue la cause de ces attaques à un affaiblissement des arbres consécutif à une forte infestation par la cochenille du Pin maritime. À la fin des années 1960, ayant colonisé l'ensemble des Massifs des Maures et de l'Esterel (Schvester *et al.*, 1970), *Matsucoccus feytaudi* aura été à l'origine de la destruction de 120 000 hectares de forêts de Pin maritime (Riom, 1994). Introduite au début des années 1970 en Italie, la cochenille a poursuivi son extension vers l'est de l'aire naturelle de sa plante-hôte, présentant d'importantes pullulations en Ligurie puis dans le Nord de la Toscane (Baronio et Butturini, 1988 ; Covassi et Binazzi, 1992).

L'un des traits essentiels de ce processus épidémique semble être la colonisation de nouvelles zones forestières. En effet, *Matsucoccus feytaudi*, strictement inféodée à l'espèce *Pinus pinaster* Ait., est à l'état endémique dans la partie occidentale de l'aire naturelle du Pin maritime, où aucun dégât n'a jamais été décrit (Riom et Gerbinot, 1977). En revanche, chaque fois qu'une introduction nouvelle de cet insecte a été signalée dans des peuplements naturels, elle a été suivie d'un développement rapide de ses populations, souvent dans un délai inférieur à trois ans (Carle, 1973). Cette caractéristique semble d'ailleurs générale aux cochenilles puisque la majorité des problèmes économiques qui leur sont attribués interviennent lors de l'invasion de nouvelles zones géographiques (Beardsley et Gonzalez, 1975 ; Mendel *et al.*, 1994). La question de l'introduction de *Matsucoccus feytaudi* en Corse a donc préoccupé les forestiers dès la fin des années 1970. Située près des zones épidémiques provençales et italiennes, l'île compte en effet plus de 27 000 hectares de Pin maritime qui constituent une ressource génétique (Baradat et Pastuszka, 1992), écologique et touristique remarquable. Jusqu'en 1992, des missions de prospection, fondées sur la capture de femelles dans des pièges passifs (Carle, 1968), ont donc été réalisées. Toujours négatives, elles ont permis à la Corse d'obtenir le statut de zone protégée vis-à-vis de cet insecte nuisible (Arrêté du 2 septembre 1993 de l'Union européenne).

LA DÉCOUVERTE EN 1994 D'UN FOYER D'INFESTATION DE *MATSUCOCCUS FEYTAUDI* EN HAUTE-CORSE

Au début des années 1990, l'identification de la phéromone sexuelle de *Matsucoccus feytaudi* (Einhorn *et al.*, 1990) et l'obtention de phéromones de synthèse permettant la capture d'un grand nombre d'adultes mâles dans des zones à faible niveau de populations (Jactel *et al.*, 1994) ont permis la mise au point d'une méthode très sensible de détection de la présence de la cochenille. En concertation avec le Département de la Santé des Forêts, une enquête par piégeage sexuel a donc été entreprise par l'INRA en 1994 en Corse. Vingt-quatre pièges, répartis dans tous les grands massifs de Pin maritime de l'île, ont été installés et, dès cette première année d'étude, la présence de la cochenille a pu être détectée en forêt domaniale de Pineto (figure 1, p. 35), près de Ponte-Leccia, en Haute-Corse (Jactel *et al.*, 1996a).

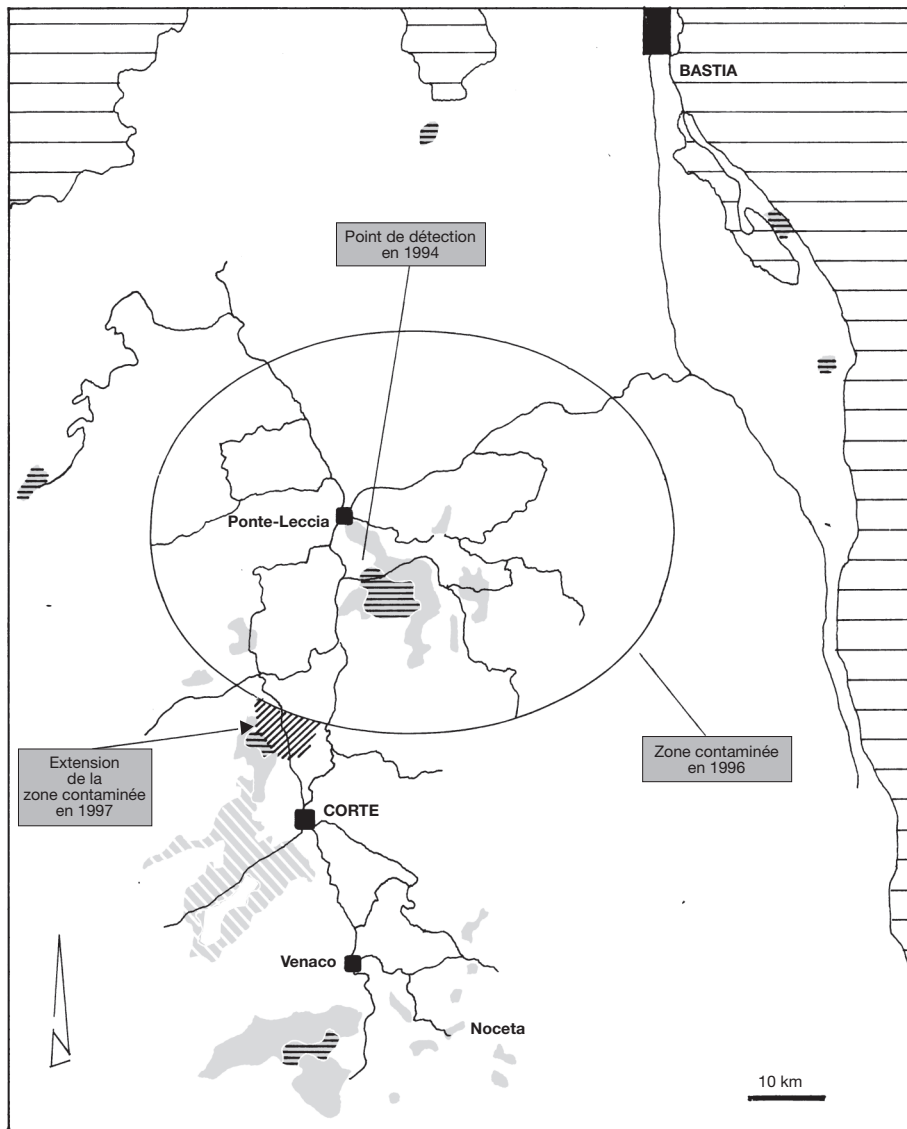
Le cycle épidémiologique de *Matsucoccus feytaudi* peut être brièvement décrit. Il commence par une phase de colonisation des peuplements par les larves de premier stade, à dissémination passive, c'est-à-dire disséminées par le vent ou transportées sur du matériel contaminé. Suit une phase d'installation sur les arbres-hôtes par les larves de premier stade qui sont mobiles et peuvent donc explorer l'écorce du tronc à la recherche des fissures au fond desquelles elles pourront se fixer à l'aide de leurs stylets et se nourrir de la sève élaborée. La réussite de cette phase dépendrait donc essentiellement des caractéristiques de la plante-hôte, notamment la structure de son rhytidome (épaisseur et fissuration). Enfin, intervient une phase de multiplication assurée par le développement des larves fixées, suivie d'une reproduction sexuée obligatoire entre une femelle aptère et un mâle ailé (Carle, 1973 ; Riom, 1979). Le déroulement de cette phase dépend des conditions climatiques, un printemps pluvieux provoquant de fortes mortalités larvaires et un hiver rigoureux pouvant conduire à un décalage dans l'émergence des adultes des deux sexes. Mais là encore, le rôle de la plante-hôte est sans doute essentiel puisque les arbres les plus vigoureux sont régulièrement les moins infestés. Cette relation pourrait résulter d'un phénomène d'antibiose liée aux contraintes mécaniques de la croissance radiale ou à des réactions de défense à la piqûre de l'insecte (Carle, 1973).




La connaissance de ces événements permet d'identifier un certain nombre de facteurs déterminants pour le processus de dépérissement tel qu'il a pu être décrit en Provence et en Italie. Le facteur prédisposant serait ainsi l'existence d'arbres-hôtes sensibles suffisamment nombreux pour que la probabilité de réussite d'une contamination aléatoire ne soit pas négligeable. Les facteurs déclenchants seraient alors l'introduction accidentelle de larves de premier stade puis leur multiplication sur les arbres les plus sensibles, grâce à des conditions climatiques favorables. Les facteurs aggravants seraient enfin l'influence des conditions stationnelles sur l'expression phénotypique de la sensibilité et surtout l'attaque par des insectes xylophages des arbres préalablement affaiblis par les cochenilles. L'absence de dégâts dans les peuplements à régénération naturelle de la zone d'endémisme de *Matsucoccus feytaudi* pourrait donc résulter d'une longue période de coévolution entre le Pin maritime et son ravageur ayant conduit à la constitution de massifs forestiers majoritairement composés d'arbres résistants. À l'inverse, le développement systématique de pullulations de la cochenille dans des peuplements nouvellement colonisés pourrait s'expliquer par l'existence d'une forte proportion d'arbres sensibles, car non encore éliminés à la suite d'anciens dépérissements.

Compte tenu de ces hypothèses, dès 1995, nous avons proposé le pronostic suivant quant à l'évolution de la situation en Corse : le risque d'un dépérissement du Pin maritime devait dépendre de l'origine des populations de cochenilles découvertes (Jactel *et al.*, 1995, 1996). Avec des populations d'origine indigène, le risque de pullulation restait limité, aucune population endémique de *Matsucoccus feytaudi* n'ayant jamais évolué, à l'échelle historique, vers un niveau épidémique. Au contraire, nouvellement introduites depuis les régions provençales ou liguriennes, les populations de cochenilles pouvaient rapidement s'accroître dans des forêts présentant peu d'arbres résistants (Harfouch *et al.*, 1995).

Figure 1

ÉVOLUTION DE L'AIRE DE RÉPARTITION DE *MATSUCOCCLUS FEYTAUDI*
EN CORSE DE 1994 À 1997



-  Futaie de Pin maritime
-  Maquis à Pin maritime
-  Boisement montagnard de conifères

L'ÉVOLUTION DES POPULATIONS DE *MATSUCOCCUS FEYTAUDI* ET DE LEURS DÉGÂTS DE 1995 À 1997

Afin d'évaluer le risque d'un dépérissement du Pin maritime en Corse, trois types d'approche ont été développés à partir de 1995 : spatiale, démographique et génétique.

L'approche spatiale, fondée sur la mise en place d'un réseau de pièges à phéromones, a consisté à mieux préciser l'aire de présence de la cochenille autour du point de détection en forêt domaniale de Pineto. L'objectif était de mesurer l'ampleur de l'infestation mais également de tester l'hypothèse d'endémisme des populations. En effet, des populations indigènes, donc présentes depuis très longtemps en Corse, devaient *a priori* être structurées en foyers nombreux, isolés par le relief, et de surface stable, alors que des populations résultant d'une introduction accidentelle récente devaient être plutôt représentées par des foyers peu nombreux à extension centrifuge.

L'analyse démographique a été utilisée pour évaluer la dynamique de développement des niveaux de population de la cochenille dans la zone infestée. Dix placettes de 10 arbres ont donc été repérées en forêt domaniale de Pineto et, chaque année, le diamètre des arbres et leur niveau d'infestation (Jactel *et al.*, 1996b) ont été mesurés. L'objectif était de déterminer à la fois l'évolution du pourcentage d'arbres contaminés et du niveau moyen d'infestation par arbre, l'augmentation de ces deux variables devant signifier le début d'un processus épidémique.

Enfin, pour déterminer de façon rapide et rigoureuse l'origine des populations identifiées dans l'île, il est apparu que la meilleure méthode était l'analyse du polymorphisme génétique qui devait permettre de préciser si les insectes de Corse présentaient de fortes ressemblances avec ceux de Provence ou d'Italie (introduction récente) ou au contraire de nombreuses différences (endémisme ancien). Une vaste campagne de piégeage phéromonal a donc été menée dans toute l'aire naturelle du Pin maritime, depuis le Maroc jusqu'en Sicile, et les insectes récoltés ont été soumis à une analyse phylogéographique fondée sur la comparaison de l'ADN mitochondrial par SSCP (Single Strand Configuration Polymorphism).

Les résultats du piégeage réalisé en 1995 et 1996 ont montré que tous les peuplements de Pin maritime compris dans une zone de 800 km², centrée sur la forêt domaniale de Pineto, étaient infestés par *Matsucoccus feytaudi* et que la cochenille était absente du reste de la Corse. En 1997, l'aire d'extension du ravageur s'est étendue au sud-ouest, touchant les marges de la forêt du Tavignano (figure 1, p. 35). Par ailleurs, même si les résultats de capture au piège à phéromone sont difficiles à interpréter quantitativement, il est apparu, pour un même protocole de piégeage aux mêmes sites deux années consécutives, une diminution exponentielle des nombres d'insectes capturés avec la distance à la forêt domaniale de Pineto (figure 2, p. 37). Ces deux observations étaient donc compatibles avec l'hypothèse d'une extension centrifuge d'un foyer d'infestation initial centré sur la forêt domaniale de Pineto.

En 1996, 26 % des arbres de la forêt domaniale de Pineto étaient infestés par la cochenille ; en 1997, ils étaient 57 %. De même, la densité de larves de *Matsucoccus feytaudi* par arbre n'a cessé d'augmenter (figure 3, p. 37), s'accompagnant en 1997 de l'apparition des premiers dégâts sur tronc (écoulement de résine) et sur houppier (rougissement des aiguilles).

L'analyse biomoléculaire de l'ADNmt de populations de *Matsucoccus feytaudi* d'origines géographiques différentes (figure 4, p. 38) a révélé l'existence d'un mitotype (génotype identifié sur ADN mitochondrial) présent dans tout le Sud de l'Europe, majoritaire en Espagne et au Portugal mais seul présent en Italie (Ligurie) et en France, c'est-à-dire en Aquitaine, en Provence et en Corse (Burban *et al.*, 1996). Dans la péninsule Ibérique, d'autres mitotypes rares ont été repérés ; les populations marocaines présentent des mitotypes complètement différents. L'absence de polymorphisme chez les insectes récoltés en France et en Italie paraît donc indiquer que les populations de Provence et d'Italie sont bien issues d'une introduction récente (au XX^e siècle) à partir des populations endémiques de la façade atlantique. Les populations corses n'apparaissant pas différentes de ces dernières proviendraient donc également d'une colonisation à partir du continent.

Figure 2

MOYENNE DES CAPTURES DE MÂLES DE *MATSUCOCCUS FEYTAUDI* enregistrées dans des pièges à phéromone, en 1995 et 1996, en fonction de la distance des pièges au foyer de la forêt domaniale de Pineto

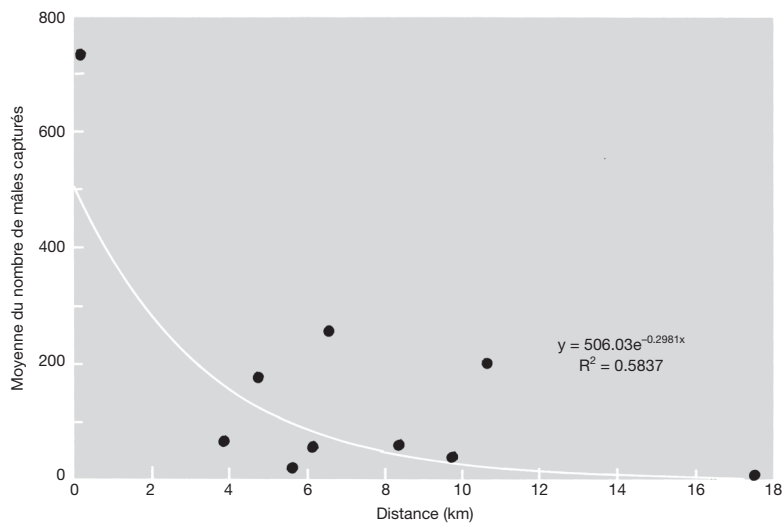
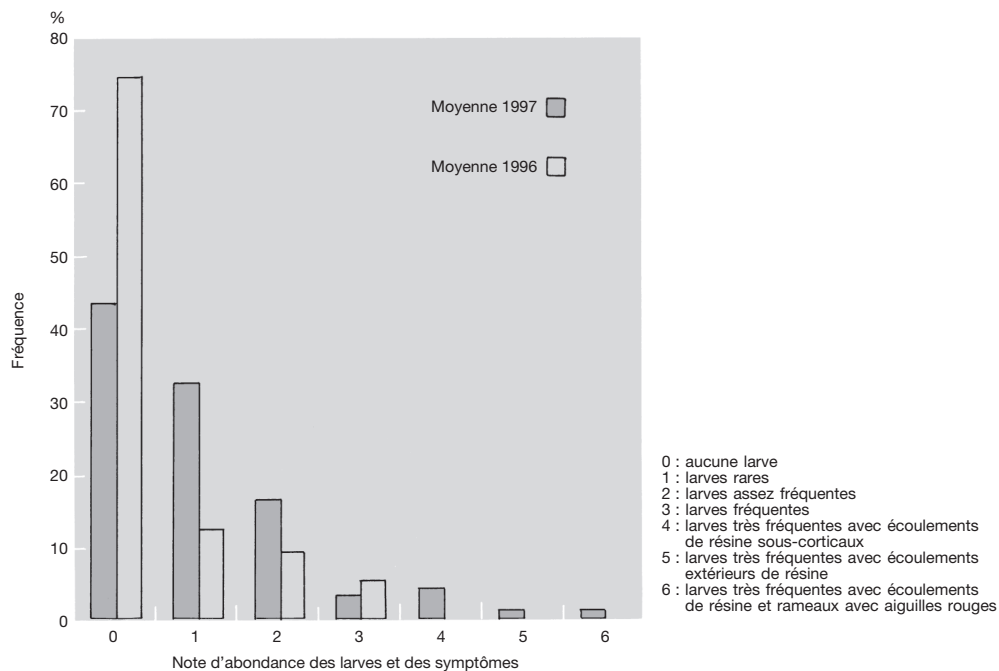


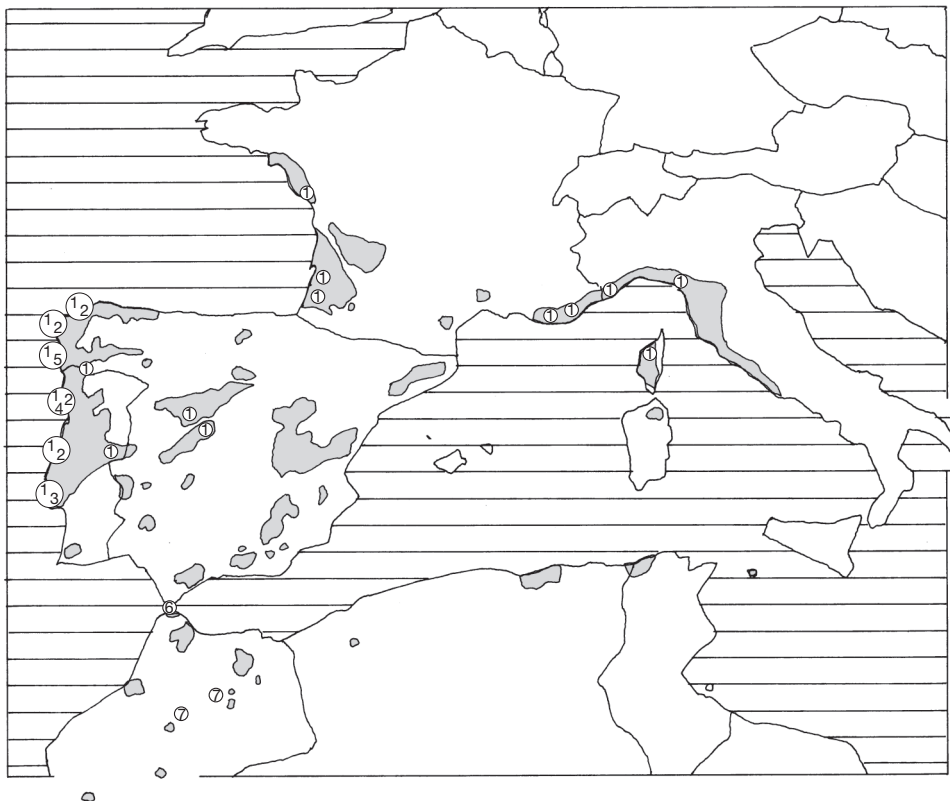
Figure 3

ÉVOLUTION, ENTRE 1996 ET 1997, DE LA DISTRIBUTION DES NIVEAUX D'INFESTATION des arbres des dix placettes permanentes d'observation installées en forêt domaniale de Pineto



- 0 : aucune larve
- 1 : larves rares
- 2 : larves assez fréquentes
- 3 : larves fréquentes
- 4 : larves très fréquentes avec écoulements de résine sous-corticaux
- 5 : larves très fréquentes avec écoulements extérieurs de résine
- 6 : larves très fréquentes avec écoulements de résine et rameaux avec aiguilles rouges

Figure 4 LOCALISATION DES DIFFÉRENTS MITOTYPES RÉVÉLÉS PAR L'ANALYSE PHYLOGÉOGRAPHIQUE de l'ADN mitochondrial des mâles de *Matsucoccus feytaudi* récoltés dans l'aire naturelle du Pin maritime



De même, si les populations corses étaient indigènes, c'est-à-dire présentes à l'état endémique dans des massifs forestiers isolés depuis fort longtemps des peuplements européens, elles auraient une forte probabilité de diverger génétiquement des populations du continent et devraient donc présenter, à l'exemple des populations marocaines, des mitotypes différents. Par ailleurs, la présence de plusieurs mitotypes différents dans la péninsule Ibérique pourrait être liée à l'ancienneté des populations de cochenille dans cette zone qui est considérée comme la région de refuge glaciaire du Pin maritime. La longue durée de présence de *Matsucoccus feytaudi* dans ces régions aurait donc permis l'émergence de nombreuses mutations. Autrement dit, il paraît possible d'émettre l'hypothèse que l'espèce *Matsucoccus feytaudi*, spécifique au Pin maritime, ait survécu pendant la période glaciaire dans la zone relicte de sa plante-hôte puis l'ait suivie, avec un décalage dans le temps, dans son processus de recolonisation du Sud de l'Europe.

Finalement tous les résultats obtenus depuis 1995 convergent pour corroborer l'hypothèse d'une introduction récente de la cochenille en Corse, suivie d'un développement de type épidémique de ses populations, qui doit conduire au déclenchement d'un processus de dépérissement du Pin maritime. En 1997, cette hypothèse a reçu sa confirmation définitive : deux foyers de dépérissement, touchant pour l'instant quelques hectares, ont été observés, l'un en forêt domaniale de Pineto,

l'autre, distant de 8 km, dans la vallée de l'Asco. Dans ces deux zones, les arbres présentent les mêmes symptômes caractéristiques :

- très fortes densités de cochenilles provoquant des écoulements de résine sur le tronc ;
- nombreuses attaques de *Dioryctria sylvestrella*, lépidoptère attiré par l'odeur de la résine, qui ne menace pas la vie de l'arbre ;
- rougissement des aiguilles, commençant dans la partie inférieure du houppier, marquant le début d'un stress physiologique important ;
- et attaques d'insectes xylophages, notamment *Pissodes notatus* et certains scolytes comme *Ips sexdentatus*, coléoptères attirés par les arbres physiologiquement affaiblis et responsables de fortes mortalités.

DES MESURES À PRENDRE POUR PRÉVENIR L'EXTENSION DU DÉPÉRISSEMENT

Les mesures urgentes de précaution : la réglementation du transport de bois contaminé et la surveillance accrue aux marges du foyer d'infestation

Les premières mesures à prendre pour éviter l'extension du dépérissement aux autres massifs de Pin maritime de l'île, et notamment aux peuplements exceptionnels de la vallée de la Restonica, doivent viser à limiter et à surveiller la dissémination de son agent causal, à savoir la cochenille.

Si personne ne peut évidemment empêcher le vent de propager les larves néonates, et donc la colonisation lente mais inéluctable de l'île, il est en revanche possible d'agir sur l'autre mode de dissémination, en général plus rapide et de plus longue portée, qui est le transport de bois de scierie ou de bois de chauffage contaminé. Les formes contaminantes de la cochenille sont les femelles fécondées, les pontes et les larves mobiles de premier stade. Ces formes sont localisées sur l'écorce du tronc, des branches ou des rameaux et peuvent être présentes en Corse de janvier à juin. Il conviendrait donc de limiter le transport de matériel végétal potentiellement contaminé hors de la zone actuellement infestée aux périodes sans risque (juillet à décembre) ou de procéder au préalable à l'écorçage sur place. Du fait du comportement cryptique de l'insecte, le traitement chimique des grumes ne saurait être assez efficace pour garantir l'éradication des formes contaminantes. L'application efficace de ces mesures passe sans doute par une information étendue aux professionnels et à la population.

Il conviendrait dans le même temps de surveiller la dissémination de la cochenille aux limites de son aire d'extension actuelle pour mettre en place rapidement les mesures de contrôle préventif dans les peuplements contaminés. La cochenille *Matsucoccus feytaudi* étant strictement inféodée au Pin maritime, la surveillance devrait être limitée aux peuplements purs ou en mélange de Pin maritime. Une fois repérés sur le terrain, ces sites seraient équipés de pièges à phéromone sexuelle, qui reste l'outil de détection le plus simple et le plus sensible (Jactel *et al.*, 1996).

La lutte chimique : les raisons de son inefficacité

En parallèle aux dispositions destinées à prévenir l'extension du dépérissement, des mesures visant à réduire les dégâts dans les forêts déjà atteintes doivent être mises en place. La première solution à laquelle songeront les forestiers sera sans doute l'utilisation d'insecticides mais elle ne saurait être préconisée. En effet, comme il n'existe pas d'insecticides systémiques pour la cochenille du Pin maritime, un traitement chimique ne pourrait être appliqué que par pulvérisation d'un insecticide de contact. Or, la localisation des cochenilles au fond des fissures de l'écorce du tronc ou des branches, et sous les écailles des aiguilles, les rend très peu accessibles à ce type de produit. Une action de lutte chimique ne serait donc envisageable qu'en traitant les arbres un par un. Il est possible d'imaginer l'utiliser pour sauver quelques spécimens particulièrement intéressants pour leur

valeur patrimoniale mais, à l'échelle du peuplement, elle serait très coûteuse et de toute façon pas assez efficace pour garantir une réduction suffisante du niveau des populations du ravageur. La meilleure preuve en est que les tentatives de traitement chimique effectuées lors du dépérissement des Maures et de l'Estérel dans les années 1960-1970 se sont révélées inutiles.

L'abattage massif : une solution irréaliste

S'il est théoriquement possible d'éradiquer un insecte ravageur en détruisant systématiquement sa plante-hôte, la réalisation pratique d'une telle méthode soulève de nombreux problèmes. Tout d'abord, il peut être considéré qu'un abattage systématique détruit à jamais une ressource forestière potentielle alors qu'un dépérissement, même généralisé, laisse en survie quelques arbres particulièrement résistants pouvant servir de base à une régénération. À ce titre, il apparaît maintenant que l'exploitation anticipée des peuplements atteints dans les Maures et l'Estérel a sans doute été de trop grande ampleur ; la plupart des arbres ayant échappé à la coupe manifestent maintenant de bons signes de vitalité.

Ensuite, il faut considérer que, pour être efficace, la récolte des arbres contaminés doit être réellement exhaustive. Cela implique en l'occurrence le repérage systématique de tous les pins maritimes de plus de 5 ans situés dans la zone du foyer d'infestation actuel (qui couvre déjà près de 800 km²) ainsi que dans la zone limitrophe où l'insecte est peut-être déjà présent mais pas encore détecté, ou le sera dans le délai correspondant au temps de récolte des peuplements. Cette solution suppose également une exploitation efficace et rapide des grumes et l'élimination des rémanents de coupe sous peine de provoquer le développement de pullulations d'insectes xylophages tels que les pisodes et les scolytes. Cette éventualité serait d'autant plus désastreuse que ces xylophages ne sont pas spécifiques du Pin maritime mais peuvent également attaquer d'autres conifères comme le Pin laricio.

Soulignons enfin que cette méthode, même consciencieusement appliquée, n'offrirait pas toutes les garanties de succès en raison de la dissémination par le vent de *Matsucoccus feytaudi*. Pendant la durée de la récolte de tous les peuplements actuellement contaminés, qui serait sans doute de quelques années, la contamination des forêts de Corse du Sud par des larves issues du foyer de Haute-Corse pourrait en effet intervenir. De même, puisqu'il faut bien admettre que les cochenilles détectées sur l'île sont d'origine continentale, il faut aussi envisager d'autres événements de contamination à partir des foyers de pullulation situés en Provence ou en Italie.

Le traitement sylvicole : la seule solution à court terme

Aucune méthode de lutte contre la cochenille *Matsucoccus feytaudi* n'est à l'heure actuelle disponible. Le développement de procédés efficaces de contrôle passe donc nécessairement par une phase de mise au point mais, compte tenu des connaissances acquises ces dernières années à l'INRA, une méthode semble pouvoir être appliquée à court terme : la gestion raisonnée des éclaircies sanitaires.

Les données actuelles sur la dynamique de contamination d'un peuplement de Pin maritime par la cochenille semblent en effet indiquer que la colonisation atteint progressivement tous les arbres mais commence par ceux de plus faible diamètre. Cette répartition pourrait résulter d'une plus forte probabilité de réception des larves contaminantes transportées par le vent sur les arbres de petit diamètre car ces derniers seraient plus nombreux ou provoqueraient moins de turbulence dans les flux d'air vecteurs de larves. Le plus fort rayon de courbure de leur tronc pourrait aussi favoriser la fissuration de leur écorce, la rendant plus favorable à l'installation des larves. Ensuite la multiplication des populations de cochenilles paraît plus faible sur les arbres les plus vigoureux. Cette régulation pourrait concerner l'installation des larves, une forte épaisseur d'écorce limitant l'accès aux tissus cibles, ou leur survie, une forte croissance radiale pouvant provoquer un écrasement des larves entre phelloderme et suber ou empêcher les stylets de l'insecte d'atteindre les couches

internes de liber. Les arbres les plus vigoureux pourraient également bénéficier de réserves énergétiques plus abondantes permettant la synthèse rapide des métabolites secondaires impliqués dans les réactions de défense (hypersensibilité) aux piqûres des cochenilles (Christiansen et Fjone, 1993).

De même, l'expérience des dépérissements précédents a montré que la mortalité des arbres était essentiellement causée par l'action d'insectes xylophages secondaires, attaquant les arbres affaiblis par la cochenille. Or, par définition, les arbres les plus vigoureux résistent mieux aux stress.

Le principe d'une lutte sylvicole pourrait donc être fondé sur une stratégie d'éclaircie par le bas visant à ne conserver que les arbres de forte vigueur. Cet abattage devrait bien entendu être accompagné d'une exploitation rapide des grumes ou de leur écorçage sur place ainsi que de l'élimination des rémanents de coupe. Les populations de cochenilles ne seraient donc pas éradiquées (objectif *a priori* irréaliste) mais cantonnées aux arbres les plus résistants ou tolérants sur lesquels leur multiplication serait limitée. En d'autres termes, cette méthode correspondrait à une anticipation contrôlée du processus de sélection naturelle des génotypes résistants, réalisée lors d'un dépérissement.

La lutte par piégeage de masse : une méthode qui mérite d'être essayée

Il est maintenant établi que le mélange de phéromones sexuelles de synthèse réalisé par l'INRA permet le piégeage d'un grand nombre de cochenilles mâles adultes, sur une période d'au moins un mois. Ce faisant, la probabilité d'accouplement des femelles pourrait se trouver fortement réduite contribuant à limiter le développement des populations.

Bien que le piégeage de masse à l'aide de phéromones offre peu d'exemples de grande réussite en milieu forestier (Speight et Wainhouse, 1989), plusieurs caractéristiques biologiques des adultes mâles de l'espèce *Matsucoccus feytaudi* semblent favorables à la réussite de ce procédé de lutte. En effet, ils ne s'accouplent qu'une seule fois, ils ont une espérance de vie courte (quelques heures), leur période d'émergence est limitée dans le temps (environ deux mois) et le *sex-ratio* est équilibré. Enfin, ils présentent des capacités migratoires faibles, de l'ordre de quelques centaines de mètres. La mise en place dans un peuplement à protéger d'un réseau suffisamment dense de pièges, chargés de diffuseurs de phéromone bien dosés et régulièrement renouvelés, pourrait donc permettre de réduire considérablement la population de cochenilles mâles et donc les capacités de reproduction des femelles.

Il peut s'avérer que cette technique trouve ses limites dans les zones très infestées car alors les femelles appelantes, très nombreuses, produisent de grandes quantités de phéromones naturelles qui entrent en concurrence avec les produits de synthèse. Si cela était le cas pour *Matsucoccus feytaudi*, la méthode pourrait néanmoins être testée dans les forêts que le réseau de surveillance signifierait comme nouvellement contaminées et donc n'abritant encore que de faibles populations. Elle contribuerait ainsi, soit à juguler les invasions précoces, soit à retarder le développement épidémique des cochenilles pour permettre la mise en place d'une lutte sylvicole adaptée.

La lutte génétique : la solution d'avenir

En zone endémique de la cochenille du Pin maritime, tous les peuplements sont infestés, tous les arbres finissent par être contaminés, abritant régulièrement quelques centaines à quelques milliers d'individus. Pour autant, aucun dégât ni aucun début de dépérissement n'a encore jamais été décrit dans ce vaste ensemble de plus de 10 millions d'hectares. Il paraît donc qu'il n'est point besoin d'éradiquer le ravageur pour établir un équilibre écologique assurant un maintien des populations en deçà du seuil épidémique. Une hypothèse de régulation climatique des niveaux de populations de la cochenille sur la façade atlantique, fondée sur l'observation de fortes mortalités larvaires en cas de précipitations printanières abondantes, a bien été émise (Riom, 1979) pour expliquer cette situation.

Mais ni l'existence de climats de type méditerranéen au Maroc ou dans la péninsule Ibérique, ni la succession d'années à printemps secs en Aquitaine (4 années de déficit hydrique au printemps sur la période 1992-1996, données Météo France) n'ont pu être associées à des épisodes épidémiques de la cochenille.

À l'inverse, dans les trois exemples connus d'introduction de *Matsucoccus feytaudi* dans des forêts jusque-là exemptes de la cochenille (Provence, Italie, Corse), de fortes pullulations ont été observées, suivies d'un grave dépérissement. Comme il semble peu probable que les conditions climatiques dans ces régions diffèrent grandement de celles de la péninsule Ibérique par exemple ou que les cochenilles incriminées aient acquis des capacités de multiplication très supérieures à celles de leurs populations d'origine, il faut bien admettre que le facteur clé est sans doute le niveau de résistance des peuplements infestés.

Globalement, la résistance du milieu forestier aux attaques d'insectes ravageurs dépend du niveau de sensibilité des arbres qui le compose et de l'efficacité des ennemis naturels qu'il abrite. Or, le genre *Matsucoccus* présente la regrettable particularité de n'avoir aucun parasitoïde connu ; de même, ses quelques prédateurs reconnus comme *Elatophilus nigricornis* Zett. (Fabre *et al.*, 1982) ou *Hemerobius* sp. (Covassi *et al.*, 1991) n'ont, jusqu'à présent, révélé qu'une faible capacité régulatrice, souvent d'ailleurs en retard sur le pic de pullulation. Il n'existe, à l'heure actuelle, aucune donnée objective permettant d'interpréter la présence, maintenant régulière, de prédateurs assez nombreux dans les peuplements où se maintiennent des populations post-épidémiques de cochenilles. En d'autres termes, il est impossible de savoir si les ennemis naturels ont contribué à accélérer la fin des gradations ou seulement bénéficié d'une longue période de présence de leurs proies pour se multiplier et atteindre leur niveau actuel.

À l'inverse, des résultats prometteurs semblent indiquer l'existence de caractéristiques des arbres fortement liées à une résistance individuelle efficace. Ainsi, la vigueur, comprise comme accroissement en surface de cernes, la structure de l'écorce, et notamment son épaisseur et sa fissuration, ainsi peut-être que la présence de certaines quantités de terpènes dans le phloème, paraissent négativement corrélées avec les densités de cochenilles par arbre. L'existence en proportion suffisante de génotypes résistants pourrait donc assurer le maintien du Pin maritime dans les cycles sylvigénétiques. De même, la nature horizontale de ce type de résistance, fondée sur l'expression de nombreux gènes impliqués dans des fonctions physiologiques variées, pourrait éviter la sélection de populations de cochenilles particulièrement agressives. Au total, c'est bien à un équilibre écologique entre des arbres modérément résistants ou suffisamment tolérants et des insectes se maintenant à des niveaux de population assurant leur survie que correspondrait l'état d'endémisme et vers lequel évoluerait une forêt atteinte par le dépérissement.

Il semble donc possible, pour aboutir à cet équilibre sans avoir à supporter les conséquences économiques des dégâts engendrés par un dépérissement naturel, d'accélérer le processus de sélection des arbres résistants. Deux approches peuvent être alors envisagées : rechercher dans des provenances situées en zone endémique des arbres à la fois résistants à la cochenille et adaptés aux conditions pédoclimatiques de la zone à reboiser, ou identifier sur place, dans la provenance indigène, les arbres qui auront le potentiel de survivre aux attaques pour contribuer à la régénération de la forêt contaminée. Pour appuyer ces deux options, certaines données existent puisque des provenances espagnoles et marocaines sembleraient avoir bien résisté à des attaques de *Matsucoccus feytaudi* dans le Sud-Est (Schvester et Ughetto, 1986) et que, par ailleurs, il existe encore un certain nombre d'arbres isolés et de peuplements qui ont bien survécu au dépérissement en Provence. Mais, dans tous les cas, il paraît encore nécessaire de bien cerner les mécanismes biologiques en cause pour évaluer la part du contrôle génétique et celle des effets du milieu dans l'expression phénotypique de la sensibilité au ravageur. Si la vigueur, par exemple, au sens d'une forte capacité de croissance radiale, est un facteur clé de la résistance du Pin maritime à *Matsucoccus feytaudi*, c'est l'adaptation des arbres aux conditions stationnelles qui devrait être le critère de sélection à retenir.

CONCLUSIONS

Il ne fait donc maintenant plus guère de doute qu'un processus de dépérissement du Pin maritime, causé par la pullulation de populations de *Matsucoccus feytaudi* récemment introduites depuis le continent, est désormais enclenché en Corse. Limitée à l'heure actuelle à quelques forêts de la région de Corte, la cochenille devrait s'étendre à terme aux vingt-sept mille hectares de Pin maritime de l'île. Compte tenu de la diversité des conditions écologiques des massifs, son impact sera sans doute variable mais, dans certains cas, ses pullulations pourraient provoquer l'affaiblissement d'un grand nombre d'arbres, favorisant la multiplication des ravageurs xylophages qui seraient alors capables d'attaquer d'autres conifères tels que le Pin laricio. Cette épidémie représente donc maintenant une grande menace pour le patrimoine forestier, écologique et touristique de la Corse.

Face à ce risque, compte tenu des expériences passées en Provence et en Italie et des progrès récents dans la connaissance de la biologie des interactions entre l'insecte ravageur et son arbre-hôte, il apparaît possible de mettre en place un certain nombre de dispositions pour surveiller et empêcher l'extension du foyer et d'essayer de nouvelles méthodes de lutte active pour réduire le niveau des populations de l'insecte ou en limiter les dégâts.

Pour autant, la réussite de ces mesures passe par une mobilisation rapide et concertée de tous les partenaires impliqués dans la gestion et la défense des forêts : la recherche, les services de l'État et de la Région, les propriétaires publics et privés ainsi que les usagers de la forêt corse.

H. JACTEL - P. MENASSIEU - C. BURBAN - E. CARCREFF
Laboratoire d'Entomologie forestière
INRA
Pierroton
BP 45
F-33611 GAZINET CEDEX

A. CERIA
Service régional de la Forêt et du Bois
DRAF
8, cours Napoléon
BP 309
F-20176 AJACCIO CEDEX

J. REGAD - S. NORMAND
DÉPARTEMENT DE LA SANTÉ DES FORÊTS
Échelon Sud-Est
BP 95
F-84143 MONTFAVET CEDEX

BIBLIOGRAPHIE

- BARADAT (P.), PASTUSZKA (P.). — Le Pin maritime. *In* : Amélioration des espèces végétales cultivées, pp. 695-709 / A. Gallais, H. Bannerot Eds. — Paris : INRA, 1992. — 768 p.
- BARONIO (P.), BUTTURINI (A.). — Gli insetti nocivi al bosco *Pinus* spp.. — *Monti e Boschi*, n° 6, 1988, pp. I-VIII.
- BEARDSLEY (J.W.), GONZALEZ (R.H.). — The biology and ecology of armored scales. — *Annual Review of Entomology*, 20, 1975, pp. 47-73.
- BURBAN (C.), PETIT (R.), JACTEL (H.). — Rangewide variation of mitochondrial DNA among populations of the Maritime pine scale *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Homoptera* : *Margarodidae*). *In* : XX International Congress of Entomology, August 25-31, Florence, Italie, 1996.
- CARLE (P.). — Le Dépérissement du Pin mésogéen en Provence. Rôle des insectes dans les modifications d'équilibre biologique des forêts envahies par *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Coccoidea* : *Margarodidae*). — Université de Bordeaux I, 1973. — 174 p. (Thèse).
- CARLE (P.). — Méthode d'obtention massive des pontes de *Matsucoccus feytaudi* par piégeage des femelles. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 25, n° 2, 1968, pp. 57-68.
- CHRISTIANSEN (E.), FJONE (G.). — Pruning enhances the susceptibility of *Picea abies* to infection by bark beetle-transmitted blue-stain fungus, *Ophiostoma polonicum*. — *Scandinavian Journal of Forest Research*, n° 8, 1993, pp. 235-245.
- COVASSI (M.), BINAZZI (A.), TOCCAFONDI (P.). — Studi sugli entomofagi predatori di cocciniglie del Gen. *Matsucoccus* Cock. in Italia. I - Note faunistico-ecologiche su specie osservate in pinete della Liguria e della Toscana. — *Redia*, vol. LXXIV, n° 2, 1991, pp. 575-598.
- COVASSI (M.), BINAZZI (A.). — Primi focolai di *Matsucoccus feytaudi* Ducasse nella Liguria orientale (*Homoptera* : *Margarodidae*). — *Redia*, vol. LXXV, n° 2, 1992, pp. 453-466.
- EINHORN (J.), MENASSIEU (P.), MALOSSE (C.), DUCROT (Ph.). — Identification of the sex pheromone of the Maritime Pine Scale *Matsucoccus feytaudi* Duc. — *Tetraedron Lett.*, 46, 1990, pp. 6633-6636.
- FABRE (J.-P.), DEVERGNE (J.-C.), RIOM (J.). — Étude des possibilités d'alimentation d'*Elatophilus nigricornis* (*Hemiptera* : *Anthocoridae*) sur les larves de *Matsucoccus feytaudi* au moyen de techniques immunochimiques. — *Annales de la Société entomologique de France*, n° 18, 1982, pp. 31-42.
- HARFOUCHE (A.), BARADAT (P.), KREMER (A.). — Variabilité intraspécifique chez le Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) dans le Sud-Est de la France. I - Variabilité des populations autochtones et de l'ensemble de l'aire de l'espèce. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 52, 1995, pp. 307-328.
- JACTEL (H.). — La Cochenille du Pin maritime : premier signalement en Corse. *In* : La Santé des forêts (France) en 1994. — Paris : Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation - Département de la Santé des Forêts, 1995. — pp. 23-24.
- JACTEL (H.). — La Cochenille du Pin maritime en Corse : les observations récentes confortent l'hypothèse d'une introduction accidentelle. *In* : La Santé des forêts (France) en 1995. — *Les cahiers du DSF*, n° 1, 1996, pp. 16-17.
- JACTEL (H.), MENASSIEU (P.), BURBAN (C.). — Découverte en Corse de *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Homoptera* : *Margarodidae*), cochenille du Pin maritime. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 53, n° 1, 1996, pp. 145-152.
- JACTEL (H.), MENASSIEU (P.), LETTERE (M.), MORI (M.), EINHORN (J.). — Field response of Maritime Pine Scale, *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Homoptera* : *Margarodidae*), to synthetic sex pheromone stereoisomers. — *J. Chem. Ecol.*, vol. 20, n° 9, 1994, pp. 2159-2170.
- JACTEL (H.), PERTHUISOT (N.), MENASSIEU (P.), RAISE (G.), BURBAN (C.). — A sampling design for within tree larval populations of the Maritime Pine Scale, *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Homoptera* : *Margarodidae*), and relationship between larval population estimate and male catch in pheromone traps. — *Canadian Entomologist*, 128, 1996, pp. 1143-1156.
- JOLY (R.). — *Matsucoccus feytaudi* (*Coccidae* : *Margarodidae*). Nouvelles stations en France. Son importance forestière. — *Revue forestière française*, vol. XV, n° 3, 1963, pp. 203-207.
- MENDEL (Z.), NESTEL (D.), GAFNY (R.). — Examination of the origin of the Israeli population of *Matsucoccus josephi* (*Homoptera* : *Matsucoccidae*) using Random Amplified Polymorphic DNA-Polymerase Chain Reaction Method. — *Ann. Entomol. Soc. Am.*, vol. 87, n° 2, 1994, pp. 165-169.
- RIOM (J.). — Le Dépérissement du Pin maritime dans le Sud-Est de la France au cours des années 1960-1970 : le rôle de la cochenille à *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Homoptera* : *Margarodidae*). — *Revue forestière française*, vol. XLVI, n° 5, 1994, pp. 437-445.
- RIOM (J.). — Étude biologique et écologique de la Cochenille du Pin maritime *Matsucoccus feytaudi* Ducasse, dans le Sud-Est de la France. Potentiel biotique et dynamique des populations. — *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, vol. 11, n° 3, 1979, pp. 397-456.
- RIOM (J.), GERBINOT (B.). — Étude biologique et écologique de la Cochenille du Pin maritime *Matsucoccus feytaudi* Ducasse, dans le Sud-Est de la France. Biologie générale et phénologie. — *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, vol. 9, n° 1, 1977, pp. 11-50.
- SCHVESTER (D.), CARLE (P.), RIOM (J.). — Le Dépérissement du Pin maritime dans le Var. État actuel du problème *Matsucoccus feytaudi*. — *Revue forestière française*, vol. XXII, numéro spécial "La lutte biologique en forêt", 1970, pp. 240-246.
- SCHVESTER (D.), UGHETTO (F.). — Différences de sensibilité à *Matsucoccus feytaudi* Duc. (*Homoptera* : *Margarodidae*) selon les provenances de Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.). — *Annales des Sciences forestières*, vol. 43, 1986, pp. 459-474.
- SPEIGHT (M.R.), WAINHOUSE (D.). — Ecology and management of forest insects. — Oxford : Clarendon Press, 1989. — 374 p.

UNE PULLULATION DE LA COCHENILLE *MATSUCOCCUS FEYTAUDI* PROVOQUE UN DÉBUT DE DÉPÉRISSEMENT DU PIN MARITIME EN CORSE (Résumé)

Grâce à la mise au point de pièges à phéromone, la présence de la cochenille du Pin maritime a été détectée en 1994 en Haute-Corse. Une étude épidémiologique menée dans le foyer d'infestation, complétée par une analyse génétique de l'origine des insectes, a révélé l'importance du risque de développement épidémique des populations de *Matsucoccus feytaudi* en Corse. En 1997, les premiers symptômes d'un dépérissement ont été décrits dans des peuplements de Pin maritime de la zone contaminée. Plusieurs méthodes de lutte contre la cochenille peuvent être envisagées. Le traitement chimique ou l'abattage massif semblent impraticables et le piégeage de masse à l'aide de pièges à phéromone doit être encore testé sur le terrain. La lutte sylvicole par gestion raisonnée des éclaircies sanitaires et l'utilisation de génotypes résistants semblent prometteurs à court et moyen terme.

PULLULATION OF THE *MATSUCOCCUS FEYTAUDI* SCALE HAS INITIATED THE DECAY OF THE MARITIME PINE IN CORSICA (Abstract)

The development of pheromone traps led to the discovery of scale infestation of the maritime pines of Upper Corsica in 1994. An epidemiological survey conducted at the seat of the infection, supplemented by a genetic determination of the origin of the insects, exposed a significant risk of pullulation to epidemic proportions of the populations of *Matsucoccus feytaudi* in Corsica. In 1997, the initial symptoms of decay were described in maritime pine stands of the contaminated area. Several options are available to control scale. Chemical control and massive felling appear unrealistic while further field trials are required before massive entrapment using pheromone traps can be implemented. In the short and medium term, the most promising control methods would seem to be a carefully planned policy of remedial thinning and the use of resistant genotypes.
