

[top](#)

[Nederlandse versie](#)

[Engelse versie](#)

Silent Spring -II

voorpublicatie The New Yorker

23 juni 1962



Illustration by Emiliano Ponzi

Silent spring Deel-II

Als de mens gaat naar zijn aangekondigde doel van de verovering van de natuur, hij schrijft een deprimerend verslag van vernietiging - vernietiging van de aarde die hij bewoont en vernietiging van het leven dat het met hem deelt. De geschiedenis van de afgelopen eeuwen heeft zijn zwarte passages - het slachten van de buffel op de westelijke vlaktes, het bloedbad van de kustvogels door de marktschutters, de bijna uitroeiing van de zilverreigers voor hun verenkleed. Aan deze, en anderen zoals zij, voegen we een nieuw hoofdstuk toe - het doden van vogels, zoogdieren, vissen en, inderdaad, elke vorm van dieren in het wild door chemische insecticiden die willekeurig op het land worden gespoten. De meningen over het effect van dit sproeien verschillen. Enerzijds stellen natuurbeschermers en veel natuurbiologen dat de verliezen ernstig en in sommige gevallen catastrofaal zijn. Aan de andere kant, de insectenbestrijdingsspecialisten hebben de neiging om te ontkennen dat dergelijke verliezen zijn opgetreden, of dat ze van enig belang zijn als ze dat hebben. Wanneer we proberen te beslissen welk standpunt we accepteren, is de geloofwaardigheid van de getuige van het grootste belang. De bioloog ter plaatse is zeker goed gekwalificeerd om het verlies van dieren in het wild te ontdekken en te interpreteren. De controlespecialist is, zelfs als hij een entomoloog is, niet zo goed gekwalificeerd door training, en bovendien is hij psychologisch niet geneigd om te zoeken naar ongewenste bijwerkingen. Net als de priester en de Leviet in het bijbelverhaal, kiezen de controlemannen in de staat en de federale regeringen en, natuurlijk, de chemische fabrikanten - ervoor om langs te gaan en niets te zien. de geloofwaardigheid van de getuige is van het eerste belang. De bioloog ter plaatse is zeker goed gekwalificeerd om het verlies van dieren in het wild te ontdekken en te interpreteren. De controlespecialist is, zelfs als hij een entomoloog is, niet zo goed gekwalificeerd door training, en bovendien is hij psychologisch niet geneigd om te zoeken naar ongewenste bijwerkingen. Net als de priester en de Leviet in het bijbelverhaal, kiezen de controlemannen in de staat en de federale regeringen en, natuurlijk, de chemische fabrikanten - ervoor om langs te gaan en niets te zien. de geloofwaardigheid van de getuige is van het eerste belang. De bioloog ter plaatse is zeker goed gekwalificeerd om het verlies van dieren in het wild te ontdekken en te interpreteren. De controlespecialist is, zelfs als hij een entomoloog is, niet zo goed gekwalificeerd door training, en bovendien is hij niet psychologisch geneigd om te zoeken naar ongewenste bijwerkingen. Net als de priester en de Leviet in het bijbelverhaal, kiezen de controlemannen in de staat en de federale regeringen en, natuurlijk, de chemische fabrikanten - ervoor om langs te gaan en niets te zien.

Er wordt wel eens beweerd dat de vernietiging van dieren in het wild door sproeien slechts tijdelijk is en dat de populaties zich spoedig zelf kunnen vestigen. Zelfs in de incidentele situaties waarin dit is gebeurd, is er onrecht gedaan. De vogelaar, de suburbaniet die vreugde haalt uit de vogels in zijn tuin, de jager, de visser en de ontdekker van wilde gebieden hebben geen plezier waarop ze een legitiem recht hebben. Een dergelijke oprichting is echter onwaarschijnlijk, want sproeien is gewoonlijk een repetitief proces en de omgeving wordt een valstrik, waarin niet alleen de in het wild levende populaties bezwijken, maar ook degenen die binnenkomen als migranten. Nu, in een decennium gekenmerkt door insectenbestrijdingsprogramma's van de overheid waarin vele duizenden, zelfs miljoenen acres als een eenheid worden besproeid,

Tijdens de herfst van 1959 werden ongeveer zevenentwintigduizend hectare in het zuidoosten van

Michigan, waaronder enkele van de buitenwijken van Detroit, zwaar afgestoft uit de lucht met klei-korrels die een van de meest giftige van alle insecticiden bevatten - een chemische stof die aldrin wordt genoemd. Net als de bekendere DDT is aldrin een van een groep synthetische chemicaliën die de gechloreerde koolwaterstoffen worden genoemd, die sinds het einde van de Tweede Wereldoorlog op grote schaal worden gebruikt als pesticiden. Het Michigan-programma werd uitgevoerd door het State Department of Agriculture, met medewerking van het United States Department of Agriculture; het aangekondigde doel was de controle over de Japanse kever. Deze kever werd voor het eerst ontdekt in New Jersey in 1916, toen een paar glimmende insecten van een metaalgroene kleur werden gezien in een kwekerij in de buurt van Riverton. De kevers, aanvankelijk niet herkend, werden uiteindelijk geïdentificeerd als een gewone bewoner van de belangrijkste eilanden van Japan.

Blijkbaar waren ze de Verenigde Staten binnengekomen op boomkwekerijproducten die vóór 1912 waren geïmporteerd - het jaar waarin beperkingen op dergelijke invoer werden ingesteld. Vanaf het oorspronkelijke punt van binnenkomst heeft de Japanse kever zich vrij breed verspreid over veel van de staten ten oosten van de Mississippi, waar de temperatuur en regenval geschikt zijn, en een buitenwaartse beweging buiten de bestaande grenzen van zijn distributie vindt meestal elk plaats jaar. Een tijd lang was het een lastige vernietiger van gewassen en sierplanten, maar toen werden in veel van de oostelijke gebieden manieren bedacht om zijn populaties op relatief lage niveaus te houden - zonder grootschalig spuiten. Ondanks dit record van redelijke controle in oostelijke gebieden, de Midwestern-staten hebben een aanval ingezet die de meest dodelijke vijand waardig is op een slechts matig destructief insect. Ten tijde van het sproeien in Michigan verklaarde Walter P. Nickell, een van de bekendste en best geïnformeerde natuuronderzoekers in de staat: "Al meer dan dertig jaar, voor zover ik weet, is de Japanse kever aanwezig in de stad Detroit in kleine aantallen. De cijfers hebben in al die jaren geen noemenswaardige stijging laten zien. Ik heb tot nu toe geen enkele informatie kunnen verkrijgen over het feit dat ze in aantal zijn toegenomen." Een officiële release door het staatsagentschap verklaarde alleen dat de kever "er uit zag" en het programma werd gelanceerd met de staat die een deel van de mankracht levert en toezicht houdt op de operatie, de federale overheid die apparatuur levert en extra mannen,

Het sproeien in Michigan was een van de eerste grootschalige aanvallen op de Japanse kever vanuit de lucht. De keuze voor aldrin is niet gekomen door enig onderzoek naar de geschiktheid voor Japanse keverbestrijding, maar eenvoudigweg door de wens om geld te besparen; Aldrin was goedkoper dan de andere vergiften die werden overwogen. Terwijl de staat in een officiële publicatie aan de pers erkende dat aldrin een 'gif' is, impliceerde het dat er geen schade kon komen aan mensen, en het officiële antwoord op de vraag "Welke voorzorgsmaatregelen moet ik nemen?" was "Voor jou, geen." Een functionaris van het Detroit Department of Parks and Recreation werd in de pers geciteerd en zei dat het stof "onschadelijk was" aan mensen en zal geen planten of huisdieren schaden, "en de veiligheidsbeambte van de Federal Aviation Agency voor het gebied zei:" Dit is een veilige operatie. " van de Public Health Service of de Fish and Wildlife Service, of enig ander bewijs van de extreem giftige aard van Aldrin.

Handelend onder de Michigan Insect Pest and Plant Disease Act, waarmee de staat zonder onderscheid kan spuiten en stofvrij worden zonder de toestemming van individuele landeigenaren te krijgen of zelfs maar te melden, begonnen de vliegtuigen over het Detroit-gebied te vliegen, op extreem lage hoogten. De stadsbesturen en het Federale Luchtvaartagentschap werden onmiddellijk belegerd door oproepen van bezorgde burgers. Na bijna achthonderd oproepen binnen een uur te hebben ontvangen, smeekte de politie radio- en televisiestations en kranten, in de woorden van het Detroit *News*, om "de kijkers te vertellen wat ze zagen en hen te vertellen dat het veilig was." Het federale luchtvaartagentschap verzekerde het publiek dat "de vliegtuigen nauwlettend in de gaten worden gehouden" en "bevoegd zijn om laag te vliegen." Terwijl de vliegtuigen hun werk voortzetten, pel-

lets van aldrin en klei vielen op kevers en mensen. De korrels zagen eruit als sneeuw en huisvrouwen haalden ze van portieken en trottoirs. Enkele dagen na het sproeien ontving de Detroit Audubon Society oproepen over de vogels. De secretaris van de Society, mevrouw Ann Boyes, heeft opgemerkt: 'De eerste indicatie dat de mensen bezorgd waren over de spray, was een telefoontje dat ik zondagochtend ontving van een vrouw die meldde dat ze thuiskwam uit de kerk, een alarmerend aantal doden en stervende vogels. Het sproeien daar was donderdag gebeurd. Ze zei dat er helemaal geen vogels in het gebied vlogen ze had minstens een dozijn [dood] in haar achtertuin gevonden. 'Vogels die in een stervende toestand werden opgepikt, vertoonden de typische symptomen van insecticide-vergiftiging - beven, verlies van het vermogen om te vliegen, verlamming en stuiptrekkingen. Noch werden vogels de enige vorm van leven die onmiddellijk werd getroffen. Een lokale dierenarts meldde dat zijn kantoor vol was met klanten met honden en katten. De katten, zo nauwgezet met het verzorgen van hun **jassen** en het likken van hun poten, leken het zwaarst getroffen te zijn.

Hun ziekte nam de vorm aan van ernstige diarree, braken en convulsies. Het enige advies dat de dierenarts zijn klanten kon geven, was om de dieren niet onnodig uit te laten en hun poten zo snel mogelijk te wassen als ze naar buiten gingen. Maar het is aangetoond dat aldrin, net als de andere gechloreerde koolwaterstoffen, niet weggewassen kan worden, zo weinig bescherming kon van deze maatregel worden verwacht. De City-County Health Commissioner drong erop aan dat de vogels gedood moesten zijn door "een ander soort sproeien", en toen een uitbraak van menselijke keel- en borstirritaties plaatsvond na het afstoffen, verklaarde hij dat het te wijten moest zijn aan "iets anders". "Niettemin ontving de plaatselijke gezondheidsafdeling veel klachten en werd een prominente Detroit-internist opgeroepen om vier van zijn patiënten te behandelen binnen een uur nadat ze buiten hadden staan kijken naar de vliegtuigen op het werk. Alle vier hadden vergelijkbare symptomen: misselijkheid, braken, koude rillingen, koorts, extreme vermoeidheid en hoesten. "En toen een uitbraak van menselijke keel- en borstirritaties plaatsvond na het afstoffen, verklaarde hij dat het te wijten zou moeten zijn aan" iets anders ". Niettemin ontving de plaatselijke gezondheidsafdeling veel klachten en werd een prominente Detroit-internist opgeroepen om te behandelen vier van zijn patiënten binnen een uur nadat ze buiten hadden staan kijken naar de vliegtuigen op het werk. Alle vier hadden vergelijkbare symptomen: misselijkheid, braken, koude rillingen, koorts, extreme vermoeidheid en hoesten. "En toen een uitbraak van menselijke keel- en borstirritaties plaatsvond na het afstoffen, verklaarde hij dat het te wijten zou moeten zijn aan" iets anders ". Niettemin ontving de plaatselijke gezondheidsafdeling veel klachten en werd een prominente Detroit-internist opgeroepen om te behandelen vier van zijn patiënten binnen een uur nadat ze buiten hadden staan kijken naar de vliegtuigen op het werk. Alle vier hadden vergelijkbare symptomen: misselijkheid, braken, koude rillingen, koorts, extreme vermoeidheid en hoesten.

De Detroit-ervaring is herhaald in veel andere gemeenschappen die proberen de Japanse kever te bestrijden met chemicaliën. Misschien heeft geen enkele gemeenschap meer geleden omwille van een keverloze wereld dan Sheldon, in het oosten van Illinois, en aangrenzende gebieden van Iroquois County, waar Sheldon zich bevindt. In 1954 begonnen het Amerikaanse ministerie van Landbouw en het Illinois-ministerie van Landbouw een programma om de Japanse kever uit te roeien in de lijn van zijn opmars naar Illinois, met de hoop - inderdaad, de verzekering - dat intensief spuiten de binnendringende kever zou vernietigen bevolking. De eerste 'uitroeiing' vond plaats in het voorjaar van dat jaar, toen dieldrin - een chemische stof die nauw verwant was aan aldrin - op veertienhonderd hectare werd gespoten. Zesentwintig honderd hectare extra werden op dezelfde manier behandeld in 1955, en de taak werd als voltooid beschouwd. Maar er waren steeds meer chemische behandelingen nodig, en tegen het einde van 1961 waren er een honderd en eenendertig duizend hectare afgedekt. Zelfs in de eerste jaren van het programma was het duidelijk dat zware verliezen plaatsvonden bij dieren in het wild en huisdieren, maar noch de Amerikaanse Fish and Wildlife Service noch de Illinois Game Management Division zijn hierover geraadpleegd. (In het voorjaar van

1960 verschenen ambtenaren van het ministerie van Landbouw voor een congrescommissie in tegenstelling tot een wetsvoorstel dat precies zulk voorafgaand overleg zou vereisen. Zij verklaarden dat het wetsvoorstel onnodig was, omdat samenwerking en overleg "gebruikelijk" waren. Deze ambtenaren waren niet in staat zich situaties te herinneren waarin geen samenwerking had plaatsgevonden 'op het niveau van Washington'. In dezelfde hoorzittingen ze verklaarden duidelijk dat ze niet bereid waren om vis en wildafdelingen van de staat te raadplegen.) Hoewel de middelen voor chemische controle in oneindige stromen kwamen, probeerden de biologen van de Illinois Natural History Survey in Urbana de schade aan de natuur te meten, moest opereren op een financieel schoeisel. Er was slechts elfhonderd dollar beschikbaar voor detewerkstelling van een veldassistent in 1954 en er werden geen speciale fondsen verstrekt in 1955. Niettemin verzamelden de biologen feiten die gezamenlijk een beeld schetsen van bijna ongeëvenaarde vernietiging van dieren in het wild. Er zijn voorwaarden gesteld aan het vergiften van insectenetende vogels, zowel met betrekking tot de gebruikte gifstoffen als de gebeurtenissen die door hun toepassing in gang zijn gezet. In de vroege programma's op Sheldon werd dieldrin gebruikt met een snelheid van drie pond per hectare. In laboratoriumexperimenten op kwartels is het ongeveer vijftig keer zo giftig gebleken als DDT, dat in de volksmond als veilig wordt beschouwd in de verhouding van een pond tot een hectare. Het gif verspreid over het landschap in Sheldon was daarom ongeveer gelijk aan honderdvijftig pond DDT per hectare. Terwijl dieldrin de grond binnendrong, kropen de vergiftigde keverlarven op het oppervlak van de grond, waar ze insectenetende vogels aantrokken. Dode en stervende insecten van verschillende soorten waren ongeveer twee weken na de behandeling opvallend. Het effect op de vogelpopulaties had gemakkelijk kunnen worden voorspeld. Bruine thrashers, spreuwen, weiland, grackles en fazanten werden vrijwel vernietigd, net als robins. Dode regenwormen waren in aantallen gezien na een zachte regen; waarschijnlijk hadden de roodborstjes zich eraan gevoed. Ook voor andere vogels was de eens zo nuttige regen veranderd in een middel van vernietiging. Vogels die plassen zochten die door regen waren achtergelaten enkele dagen na het sproeien waren gedoemd, of ze het water dronken of er gewoon in baden. De vogels die het hebben overleefd, zijn mogelijk steriel gemaakt. Hoewel sommige nesten later in het behandelde gebied werden gevonden, enkele met eieren, geen enkele bevatte ooit jonge vogels.

Grondeekhoorns werden bijna weggevaagd in het Sheldon-gebied; hun lichamen werden gevonden in een houding die kenmerkend is voor gewelddadige dood door vergiftiging. De vosseneekhoorn was een relatief veel voorkomend dier in de stad; na het spuiten was het verdwenen. Dode muskrats en dode konijnen werden gevonden. En het was een zeldzame boerderij in de regio Sheldon die werd gezegend door de aanwezigheid van een kat nadat de oorlog tegen kevers was begonnen. Negentig procent van alle boerderijkatten werd slachtoffer van het dieldrin tijdens het eerste seizoen van sproeien. Katten zijn extreem gevoelig voor alle insecticiden, en vooral, lijkt het, dieldrin. In West-Java zouden in het kader van een door de Wereldgezondheidsorganisatie uitgevoerd anti-malaria programma veel katten zijn overleden. Op centraal Java stierven er zoveel dat de prijs van een kat meer dan verdubbelde. Ook vee werd getroffen in Sheldon. Het Natural History Survey-rapport beschrijft een aflevering als volgt: "De schapen werden in een kleine, onbehandelde wei van bluegrass over een grindweg gereden vanaf een veld dat op 6 mei met dieldrin-spray was behandeld. Kennelijk was er wat spray over de weg in de weide gedreven, want de schapen begonnen bijna bij intoxicatie symptomen te vertonen een keer. Ze verloren interesse in voedsel en vertoonden extreme rusteloosheid, waarbij ze het weilandhek rond en rond volgden op zoek naar een uitweg. [Ze] weigerden te worden aangedreven, bleven bijna continu en stonden met hun hoofden neergelaten; ze werden eindelijk uit de wei gedragen. Ze toonden een groot verlangen naar water. Twee van de schapen werden dood aangetroffen in de stroom die door de weide stroomde, en de resterende schapen werden herhaaldelijk uit de stroom verdreven,

Ondanks de verwoesting die werd veroorzaakt in de naam van de uitroeiing van Japanse kevers,

lijkt de behandeling van meer dan honderdduizend hectare in Iroquois County gedurende een periode van acht jaar te hebben geresulteerd in een slechts tijdelijke onderdrukking van het insect, dat baant zich nog steeds westwaarts. Als de gemeenschappen die chemische besmettingen hebben doorstaan, bekend waren met de vroegere geschiedenis van de Japanse kever in de Verenigde Staten, zouden ze zeker minder berustend zijn geweest. De oostelijke staten, die het geluk hadden om hun keverinvasie in de dagen voordat DDT, Aldrin en de andere synthetische insecticiden werden uitgevonden, onder ogen te zien, hebben het insect onder redelijke controle gebracht, voornamelijk door middelen die geen enkele bedreiging vormden voor andere vormen van leven. Gedurende de eerste twaalf jaar na zijn binnenkomst in de Verenigde Staten, de kever nam snel toe, vrij van de beperkingen die hem in zijn geboorteland onder controle hadden gehouden. In 1955 was het echter een plaag van slechts ondergeschikt belang geworden op een groot deel van het grondgebied waarover het zich had verspreid. Tussen 1920 en 1933 werden, als resultaat van zorgvuldig zoeken in het Oosten, een vierendertig soorten insecten, vijandig voor de kever - hetzij roofzuchtig of parasitair - in de Verenigde Staten geïmporteerd. Hiervan zijn er vijf goed ingeburgerd in het oosten.

De meest effectieve en meest verspreide is een sluipwesp, *Tiphia vernalis*, uit Korea en China. *Tiphia vernalis*. De vrouwelijke tiphia, die een kever in de grond vindt, injecteert het met een verlamme vloeistof en hecht een enkel ei aan zijn onderoppervlak. De jonge wesp, die uitkomt als een larve, voedt zich met de verlamde rups en vernietigt deze. In de loop van ongeveer vijftientig jaar werden kolonies van tiphia geïntroduceerd in veertien oostelijke staten in een coöperatief programma waarbij staats- en federale agentschappen betrokken waren.

Een nog belangrijkere rol dan die van de geïmporteerde insecten is gespeeld door een bacteriële ziekte die kevers treft van de familie waartoe de Japanse kever behoort - de scarabeeën. De betrokken bacterie, *Bacillus popilliae*, valt geen ander type insect aan en is onschadelijk voor regenwormen, warmbloedige dieren en planten.

De sporen van de ziekte komen voor in de bodem. Wanneer een foeragerende kever ze opeet, ontwikkelen ze zich tot bacteriën die zich enorm vermenigvuldigen in zijn bloed, waardoor deze wit wordt. Vandaar dat de ziekte de populaire naam "melkachtige ziekte" heeft gekregen. Melkachtige ziekte werd in 1933 ontdekt in New Jersey. Tegen 1938 kwam het vrij algemeen voor in de oudere gebieden van de Japanse keverplaag.

In 1939 lanceerde het ministerie van Landbouw een programma om de verspreiding van de ziekte te versnellen. Geïnfecteerde larven werden vermalen, gedroogd en gecombineerd met krijt; in het standaardmengsel bevatte een gram van dit stof honderd miljoen sporen. De sporen blijven jarenlang in de bodem levensvatbaar en worden daarom voor alle doeleinden permanent vastgelegd; bovendien, hun effectiviteit neemt toe, want ze worden gestaag verspreid door natuurlijke instanties.

Tussen 1939 en 1953 werden ongeveer vierennegentigduizend hectare in veertien oostelijke staten en het district Columbia behandeld in een coöperatief federaal staatsprogramma. Particuliere organisaties en particulieren hebben zich ook verbonden om de sporen te introduceren in gebieden met een onbekende maar grote omvang. Tegen 1945 woedde de melkziekte bij de keverpopulaties in Connecticut, New York, New Jersey, Delaware en Maryland. In sommige testgebieden waren maar liefst vierennegentig van de honderd rupsen besmet.

In 1953 stopte de regering met haar programma, maar de productie van het stof werd overgenomen door een particulier laboratorium, dat het aan particulieren, tuinclubs en burgerverenigingen levert. En een uitgebreid onderzoeksprogramma is momenteel aan de gang in het laboratorium van het Amerikaanse ministerie van Landbouw in Peoria, Illinois, om een manier te vinden om het organisme van melkziekte in een kunstmatige cultuur te laten groeien - een methode die de kosten aanzienlijk zou verlagen en zou moeten aanmoedigen zijn uitgebreidere gebruik. Na jaren werk is nu enig succes gemeld.

Waarom werd met deze indrukwekkende staat in het Oosten dezelfde procedure niet toegepast in de Midwestern-staten? Ons wordt verteld dat inenting met melkachtige ziekte 'te duur' is, hoewel niemand het in de veertien oostelijke staten in de jaren veertig vond. En in elk geval, door wat voor soort boekhouding werd vastgesteld dat de methode te duur was? Zeker niet door iemand die de werkelijke kosten van de totale vernietiging door programma's zoals het Sheldon-sputten heeft beoordeeld. Dit soort boekhouding moet ook het feit hebben genegeerd dat inoculatie met de sporen slechts eenmaal hoeft te worden gedaan; de eerste kosten zijn de enige kosten.

Ons wordt verder verteld dat melkachtige ziekte niet kan worden gebruikt aan de rand van het bereik van de kever, omdat het alleen kan worden vastgesteld als er al een grote rupspopulatie in de bodem aanwezig is. Net als vele andere verklaringen ter ondersteuning van sputten, moet deze in twijfel worden getrokken. De bacterie die melkachtige ziekte veroorzaakt, bleek ten minste veertig andere soorten kevers te infecteren, die gezamenlijk een vrij brede verspreiding hebben, en deze zouden naar alle waarschijnlijkheid dienen om de ziekte vast te stellen, zelfs wanneer de Japanse keverpopulatie erg klein is of niet-bestaand. Bovendien verzekert de lange levensvatbaarheid van de sporen in de bodem de uitvoerbaarheid van het introduceren ervan in de volledige afwezigheid van larven - dat wil zeggen aan de rand van de huidige keverplaag - want ze kunnen eenvoudigweg wachten op de oprukkende bevolking.

Degenen die onmiddellijke resultaten willen, koste wat het kost, zullen ongetwijfeld chemicaliën blijven gebruiken tegen de kever. Dat geldt ook voor degenen die de voorkeur geven aan het moderne principe van ingebouwde veroudering, want chemische controle vereist frequente en kostbare herhaling. Aan de andere kant zullen degenen die bereid zijn om een seizoen of twee te wachten om echt duurzame resultaten te verkrijgen, zich tot melkachtige ziekte wenden; ze zullen worden beloond met een vorm van controle die meer in plaats van minder effectief wordt met het verstrijken van de tijd.

Over steeds grotere gebieden van de Verenigde Staten komt de lente nu niet in de ban van de terugkeer van de vogels, en de vroege ochtenden, eenmaal gevuld met de schoonheid van het vogelgezing, zijn vreemd stil. Dit plotselinge zwijgen van het gezang van de vogels, deze vernietiging van de kleur en schoonheid en interesse die ze aan onze wereld lenen, is snel en verraderlijk tot stand gekomen en is onopgemerkt gebleven door degenen wier gemeenschappen nog niet zijn aangetast. Vanuit de stad Hinsdale, in het noordoosten van Illinois, schreef een huisvrouw in wanhoop aan een van 's werelds toonaangevende ornithologen, Robert Cushman Murphy, Lamont Curator Emeritus of Birds in het American Museum of Natural History: "Hier in ons dorp de iep bomen zijn meerdere jaren gespoten. Toen we hier zes jaar geleden kwamen wonen, was er een rijkdom aan vogels; Ik zette een voederbak op en had de hele winter een constante stroom kardinalen, chickadees, donsjes en boomklevertjes, en de kardinalen en chickadees brachten hun jongen in de zomer. Na enkele jaren DDT-spray is de stad bijna verstoken van roodborstjes en spreuwen; Chickadees liggen al twee jaar niet op mijn plank, en ook dit jaar zijn de kardinalen weg; de nestelende populatie in de buurt

lijkt te bestaan uit één duifpaar en misschien één catbird-familie. Het is moeilijk uit te leggen aan de kinderen dat de vogels zijn gedood, wanneer ze hebben geleerd en dit jaar zijn ook de kardinalen verdwenen; de nestelende populatie in de buurt lijkt te bestaan uit één duifpaar en misschien één catbird-familie. Het is moeilijk uit te leggen aan de kinderen dat de vogels zijn gedood, wanneer ze hebben geleerd en dit jaar zijn ook de kardinalen verdwenen; de nestelende populatie in de buurt

lijkt te bestaan uit één duifpaar en misschien één catbird-familie. Het is moeilijk uit te leggen aan de kinderen dat de vogels zijn gedood, wanneer ze hebben geleerd school dat een federale wet de vogels beschermt tegen doden of vangen. 'Zullen ze ooit terugkomen?' vragen ze, en ik heb geen antwoord.'

Eén verhaal zou kunnen dienen als een tragisch symbool van het lot van de vogels - een lot dat sommige soorten al heeft ingehaald en alle bedreigt. Het is het verhaal van de Robin, de vogel die iedereen kent. Voor miljoenen Amerikanen betekent de eerste robin van het seizoen dat de grip van de winter is verbroken. De komst ervan is een gebeurtenis die in kranten wordt gemeld en gretig aan de ontbijttafel wordt beschreven. En terwijl het aantal aankomsten groeit en de eerste nevels groen in de bossen verschijnen, luisteren duizenden mensen naar het ochtendkoor van de roodborstjes, kloppend in het vroege ochtendlicht. Maar nu is alles veranderd, en zelfs de terugkeer van de vogels kan niet als vanzelfsprekend worden beschouwd.

Het lot van de Robin, en inderdaad ook van vele andere soorten, lijkt verband te houden met dat van de Amerikaanse iep, een boom die deel uitmaakt van de geschiedenis van duizenden steden in zijn inheems gebied, van de Atlantische Oceaan tot de Rockies, hun straten, hun dorpspleinen en hun universiteitscampussen met majestueuze bogen van groen. Tegenwoordig zijn de iepen onderworpen aan een ziekte die hen over hun hele bereik treft - een ziekte die zo ernstig is dat veel experts geloven dat alle inspanningen om de iepen te redden uiteindelijk nutteloos zullen zijn. De zogenaamde Nederlandse iepziekte kwam in 1930 vanuit Europa de Verenigde Staten binnen, in iepenhoutblokken die werden geïmporteerd voor de fineerindustrie. Het is een schimmelziekte; het organisme dringt de watergeleidende vaten van de boom binnen, verspreidt zich door sporen die in de stroom van sap worden gedragen, en door mechanische verstopping en ook door gifstoffen die het afscheidt, zorgt ervoor dat de takken verwelken en de boom sterft. De ziekte wordt verspreid van zieke naar gezonde bomen door iepschorskevers. De insecten tunnelen galerijen onder de schors en deze worden een gunstige habitat voor de binnendringende schimmel.

Terwijl de insecten door de galerijen bewegen, pakken ze de sporen op en dragen ze later overal waar ze vliegen. De inspanningen om de ziekte onder controle te houden, hebben zich geconcentreerd op het bereiken van de controle over het dragerinsect, en in gemeenschap na gemeenschap, vooral in de bolwerken van de Amerikaanse iep, het Midden-Westen en New England, is intensief spuiten met DDT een routineprocedure geworden.

Wat dit spuiten kon betekenen voor het vogelleven, en vooral voor de roodborst, werd eerst duidelijk gemaakt door het werk van twee ornithologen aan de Michigan State University, professor George Wallace en een van zijn afgestudeerde studenten, John Mehner. Toen de heer Mehner in 1954 begon te werken aan zijn doctoraat, koos hij een onderzoeksproject dat te maken had met robinpopulaties. Dit gebeurde geheel toevallig, want op dat moment vermoedde niemand dat de roodborstjes in gevaar waren. Maar zelfs toen hij het werk ondernam, vonden er gebeurtenissen plaats die het karakter ervan zouden veranderen - en hem zelfs zijn materiaal zouden ontnemen. Spuiten voor Nederlandse iepziekte begon datzelfde jaar op een kleine manier op de universiteitscampus. In 1955 trad de stad East Lansing, waar de universiteit is gevestigd, toe; spuiten op de campus werd uitgebreid; en, met lokale programma's voor de controle van de zigeunermot en de mug die ook aan de gang was, nam de chemische regen toe tot een stortbui. In 1954, het jaar van het eerste lichtspuiten, leek alles goed te gaan. Het volgende voorjaar keerden de migrerende robins zoals gewoonlijk terug naar de campus. Net als de bluebells in HM Tomlinsons spookachtige essay 'The Lost Wood', verwachtten ze 'geen kwaad' toen ze hun vertrouwde territorium weer in bezit namen. Maar al snel werd duidelijk dat er iets mis was. Dode en stervende roodborstjes begonnen op de campus te verschijnen. Er werden maar weinig vogels gezien die bezig waren met hun normale foerageeractiviteiten of zich verzamelden in hun gebruikelijke slaapplekken. Er werden maar weinig nesten gebouwd; weinig jonge verschenen. Het patroon werd herhaald met monotone regelmaat in opeenvolgende jaren. In het bespoten gebied zou elke golf van migrerende robins binnen ongeveer een week worden geëlimineerd. Dan kwamen er nieuwkomers binnen, alleen om het aantal vogels op de cam-

pus te vergroten in de gekwelde bevingen die aan de dood voorafgingen. "De campus fungeert als een kerkhof voor de meeste roodborstjes die proberen in het voorjaar hun intrek te nemen," merkte Dr. Wallace op. Maar waarom? Aanvankelijk vermoedde hij een ziekte van het zenuwstelsel, maar al snel werd duidelijk dat 'ondanks de verzekering van de insecticide-mensen dat hun sprays' onschadelijk waren voor vogels', de robins echt stierven aan insecticide vergiftiging; ze vertoonden stevast de bekende symptomen van evenwichtsverlies, gevolgd door bevingen, stuiptrekkingen en de dood. "Verschillende omstandigheden suggereerden dat de roodborstjes niet zozeer werden vergiftigd door direct contact met de insecticiden als indirect, door vergiftigde regenwormen te eten. Aardwormen op de campus waren in een onderzoeksproject aan rivierkreeften gevoerd en alle rivierkreeften waren snel dood. Een slang die in een laboratoriumkooi werd bewaard, was gewelddadig geworden nadat hij dergelijke wormen had gevoed. En regenwormen zijn het belangrijkste voedsel van Robin in het voorjaar.

Een belangrijk stuk in de puzzel van de gedoemde robins werd momenteel geleverd door Dr. Roy Barker van de Illinois Natural History Survey. Het werk van Dr. Barker, gepubliceerd in 1958, volgde de ingewikkelde cyclus van gebeurtenissen waardoor het lot van de robins verbonden is met de iepen via de regenwormen. Debomen worden in het voorjaar of de vroege zomer en vaak een paar maanden later opnieuw gespoten. Krachtige sproeiers richten een stroom gif naar alle delen van de hoogste bomen, waarbij niet alleen het doelorganisme - de schorskever - direct wordt gedood, maar ook andere insecten, waaronder bestuivende soorten en roofzuchtige spinnen en kevers. Het gif vormt een vasthoudende film op de bladeren en schors. Rains wast het niet weg. In de herfst vallen de bladeren op de grond, hopen zich op in doorweekte lagen en beginnen het langzame proces om één te worden met de grond. Hierin worden ze geholpen door het zwoegen van de regenwormen, die zich in het bladafval voeden, want iepenbladeren behoren tot hun favoriete voedsel. Bij het voeden met de bladeren slikken de wormen natuurlijk ook het insecticide. Dr. Barker vond afzettingen van DDT in het spijsverteringskanaal van de wormen en in hun bloedvaten, zenuwen, en lichaamsmuur. Ongetwijfeld bezwijken sommige aardwormen zelf, maar degenen die overleven worden "biologische loepen" van het gif - dat wil zeggen dat de concentratie van insecticide zich ophoopt in hun lichaam. In het voorjaar keren de robins terug. Slechts elf grote regenwormen kunnen een dodelijke dosis DDT overbrengen naar een roodborstje. En elf wormen vormen een klein deel van het dagelijkse rantsoen van Robin; in feite kan een roodborstje gemakkelijk elf regenwormen eten in evenveel minuten.

Niet alle roodborstjes krijgen een dodelijke dosis, maar een ander gevolg van vergiftiging kan even zeker tot het uitsterven van hun soort leiden. De schaduw van steriliteit ligt boven alle vogelstudies en verlengt inderdaad alle levende dingen. Er zijn nu slechts twee of drie dozijn robins te vinden elk voorjaar op de hele honderdvijfentachtig hectare campus van de Michigan State University, vergeleken met een conservatief geschatte driehonderdzeventig volwassenen vóór het spuiten. In 1954 produceerde elk robinnest onder observatie van Mehner jong. In 1957 kon Mehner slechts één jonge Robin vinden. Een deel van dit falen om jong te produceren is natuurlijk te wijten aan de dood van een of beide robins voordat de nestcyclus is voltooid. Maar Dr. Wallace heeft belangrijke gegevens die wijzen op iets meer sinister - de daadwerkelijke vernietiging van het vermogen van de vogels om zich voort te planten. Hij heeft bijvoorbeeld "gegevens over robins en andere vogels die nesten bouwen maar geen eieren leggen, en anderen die eieren leggen en broeden, maar niet uitbroeden."

In 1960 vertelde hij een congrescommissie die hoorzittingen over een wetsvoorstel hield voor beter coördinatie van sproeiprogramma's: "We hebben één verslag van een roodborstje dat eenentwintig dagen trouw op zijn eieren heeft gelegen en ze kwamen niet uit. De normale incubatieperiode is dertien dagen. Onze analyses laten hoge concentraties DDT zien in de testes en eierstokken van broedvogels."

De roodborstjes zijn slechts één element in het complexe verwoestingspatroon dat ontstaat door het sproeien van de iepen, zelfs omdat het iepenprogramma slechts een van de vele sprayprogramma's is die gif over ons land verspreiden. Zware sterfte is opgetreden bij ongeveer negentig vogelsoorten, waaronder die die het meest bekend zijn bij amateur-naturalisten, en in sommige van de besproeide steden is de populatie nestelende vogels in het algemeen tot negentig procent gedaald. Alle verschillende soorten vogels worden beïnvloed - grondvoeders, boomtopvoeders, schorsvoeders, roofdieren. Onder hen is de houtsnip, die aardwormen in zijn dieet bevat en die winters in zuidelijke gebieden die onlangs zwaar zijn bespoten met chemicaliën.

Er zijn nu twee belangrijke ontdekkingen gedaan over de houtsnip. Het aantal jonge vogels in New Brunswick, waar veel houtsnippen broeden, zijn zeker gereduceerd en volwassen vogels die zijn geanalyseerd bevatten zware residuen van zowel DDT als een gechlloreerde koolwaterstof genaamd heptachlor.

Er zijn al verontrustende gegevens over sterfte onder meer dan twintig andere soorten grondvoedende vogels, waaronder drie van de spruw waarvan de liederen behoren tot de meest voortreffelijke vogelstemmen, de olijfrug, het hout en de kluizenaar.

En de mussen die door het struikgewas van de bossen fladderen en met ritselende geluiden te midden van de gevallen bladeren - de liedmus en de keelholte - worden ook gevonden onder de slachtoffers van de sprays.

Alle boomtopvoeders - de vogels die hun insectenvoedsel uit de bladeren halen - zijn verdwenen uit zwaar besproeide gebieden, met inbegrip van die bosgeesten die de kinglets spriten, zowel robijnrood als gouden gekroond; de kleine muggenvangers; en veel van de zangers, wiens migrerende hordes in het voorjaar door de bomen stromen in een veelkleurig leven. In Whitefish Bay, Wisconsin, waren in de jaren vóór 1958 minstens duizend mirtezangers te zien in migratie; na het bespuiten van de iepen in dat jaar konden waarnemers er slechts twee vinden. Dus, met toevoegingen van andere gemeenschappen, groeit de lijst, en de zangers die door de spray zijn gedood, omvatten degenen die de meeste mensen charmeren en fascineren die zich daarvan bewust zijn: de zwart-wit, de gele, de magnolia en de Cape May; de ovenvogel, wiens roep in het woud van de Maya's klopt; de Blackburnian, wiens vleugels worden aangeraakt met vlammen; de kastanje-zijdige, de Canada en de zwartkeelgroen. Deze boomtopvoeders worden direct beïnvloed door het eten van vergiftigde insecten of indirect door een tekort aan voedsel.

Het verlies aan voedsel heeft ook hard toegeslagen bij de zwaluwen, die door de lucht kruisen en de luchtinsecten onder druk zetten terwijl haring het plankton van de zee uitrekt. Een natuuronderzoeker uit Wisconsin heeft gemeld: 'Zwaluwen zijn zwaar getroffen. Iedereen klaagt over hoe weinig ze vergeleken hebben met vier of vijf jaar geleden. Onze lucht boven hen zat er slechts vier jaar geleden vol. Nu zien we zelden iets. Dit kan zowel een gebrek aan insecten zijn als gevolg van spray, of vergiftigde insecten.' Van andere vogels schreef deze waarnemer: 'Een ander opvallend verlies is de phoebe. Vliegenvangers zijn overal schaars, maar de vroege gewone phoebe is niet meer. Ik heb er één gezien deze lente en slechts één vorige lente. Andere vogelaars in Wisconsin maken dezelfde klacht. Ik heb in het verleden vijf of zes paar kardinalen gehad, nu geen. Wrens, robins, catbirds en krijsende uilen hebben elk jaar in onze tuin genest. Er zijn er nu geen. Zomerochtend is zonder vogellied. Alleen plaagvogels, duiven, spreeuwen en Engelse mussen blijven over.'

De sprays die in de herfst op de iepen worden aangebracht en het gif naar elke kleine spleet in de schors sturen, zijn waarschijnlijk verantwoordelijk voor ernstige reducties waargenomen in het aantal schorsvoederbakken - chickadees, boomklevertjes, mezen, spechten en bruine klimplanten. In de winter van 1957-58 zag dr. Wallace voor het eerst sinds vele jaren geen chickadees of boomklever-

tjes in zijn thuisvoerstation. Drie boomklevertjes die hij later tegenkwam, gaven een spijtige kleine stapsgewijze les in oorzaak en gevolg: de ene voedde zich met een iep, de andere stierf en de derde was dood. Het verlies van al deze vogels is betreurenswaardig om economische redenen en om minder tastbare redenen. Het zomervoedsel van de witborstige boomklever en de bruine klimplant, bijvoorbeeld, omvat de eieren, larven en volwassenen van een zeer groot aantal insectensoorten die schadelijk zijn voor bomen. Ongeveer driekwart van het voedsel van de chickadee is dierlijk, inclusief alle stadia van de levenscyclus van veel insecten. De manier van voeden van de chickadee wordt beschreven in Arthur Cleveland Bent's "Life Histories of North American Jays, Crows and Titmice": "Terwijl de kudde verder gaat, onderzoekt elke vogel minutieus schors, twijgen en takken, op zoek naar kleine stukjes voedsel (spinneneieren, cocons of ander sluimerend insectenleven).

"Verschillende wetenschappelijke onderzoeken hebben de cruciale rol van vogels in insectenbestrijding in verschillende situaties aangetoond. Spechten zijn dus de belangrijkste factor bij de bestrijding van de Engelmann sparrenkever, waardoor de populaties met minimaal vijfenveertig procent en maximaal achtennegentig procent worden gereduceerd, en zijn ook belangrijk bij de bestrijding van de codling mot in appelboomgaarden. Chickadees en andere vogels die in de winter verblijven kunnen boomgaarden beschermen tegen de afweer. Maar wat er in de natuur gebeurt, mag niet gebeuren in de moderne, met chemicaliën doordrenkte wereld, waar sproeien niet alleen de insecten vernietigt, maar ook hun voornaamste vijand, de vogels. Wanneer er, zoals bijna altijd gebeurt, een heropleving van de insectenpopulatie is, zijn de vogels er niet om hun aantallen onder controle te houden.

Voor het publiek lijkt de keuze er eenvoudig een van simpele eenvoud te zijn: zullen we vogels hebben of zullen we iepen hebben? Maar het is niet zo eenvoudig, en door een van de ironieën die overal op het gebied van chemische controle aanwezig zijn, kunnen we heel goed eindigen met geen van beide. Spuiten doodt de vogels maar redt de iepen niet. De theorie dat het overleven van de iepen in sproeien ligt, is een gevaarlijke illusie, die de ene gemeenschap na de andere in een moeras van zware uitgaven leidt zonder blijvende resultaten te produceren. Greenwich, Connecticut, heeft tien jaar regelmatig gespoten. Toen bracht een droogte jaar omstandigheden in het bijzonder gunstig voor de kever, en de mortaliteit van iepen steeg met duizend procent. In Toledo, Ohio, veroorzaakte een soortgelijke ervaring de hoofdinspecteur van de stad van bosbouw, Joseph A. Sweeney, om de resultaten van het spuiten realistisch te bekijken. Het spuiten van iepen begon daar in 1953 en ging door tot 1959. Ondertussen had de heer Sweeney echter gemerkt dat een stadsbesmetting van de katoenachtige esdoornschaal erger was na het sproeien aanbevolen door "de boeken en de autoriteiten" dan voorheen. Hij besloot zelf de resultaten van het spuiten voor de iepziekte te beoordelen. Zijn bevindingen schokten hem. In de stad Toledo vond hij: 'de enige gebieden onder enige controle waren de gebieden waar we enige snelheid gebruikten bij het verwijderen van de zieke of broedbomen. Waar we afhankelijk waren van spuiten, was de ziekte uit de hand gelopen. In het graafschap, waar niets is gedaan, heeft de ziekte zich niet zo snel verspreid als in de stad. Dit geeft aan dat spuiten alle natuurlijke vijanden vernietigt. We laten het spuiten voor de iepziekte achter ons.

Het is moeilijk te begrijpen waarom Midwestern-steden zo zonder twijfel zijn begonnen met ambitieuze en dure sproeiprogramma's, kennelijk zonder de ervaring van andere gebieden te onderzoeken, die al langer bekend zijn met het probleem. De staat New York heeft vrijwel zeker de langste geschiedenis van voortdurende ervaring met de Hollandse iepziekte van elke staat in de Unie, want volgens het beste bewijs is het via de haven van New York voor het eerst dat zieke iepenhout de Verenigde Staten binnenkwam rond 1930. En de staat New York heeft vandaag waarschijnlijk het meest indrukwekkende record van het beheersen en onderdrukken van de ziekte. Het heeft echter niet vertrouwd op sproeien; in feite, haar landbouwvoorlichtingsdienst beveelt sproeien niet aan als een gemeenschappelijke controlemethode. Hoe heeft New York dan zijn mooie record bereikt? Van

de vroege jaren van de strijd om de iepen tot de huidige tijd, heeft het aangedrongen op rigoureuze sanitaire voorzieningen; dat wil zeggen de onmiddellijke verwijdering en vernietiging van al het zieke of geïnfecteerde hout. In het begin waren de resultaten soms teleurstellend, maar dit was omdat aanvankelijk niet werd begrepen dat niet alleen zieke bomen maar al het iepenhout waarin de kevers zouden kunnen broeden, moeten worden vernietigd. Geïnfecteerd iepenhout gesneden en opgeslagen voor brandhout, bijvoorbeeld, zal in het voorjaar een oogst van schimmel dragende kevers vrijgeven, tenzij het vóór die tijd wordt verbrand. Het zijn de volwassen kevers, die eind april en mei uit de slaapstand komen om te voeden, die iepziekte overdragen. En toen feiten zoals deze werden begrepen, de resultaten werden goed. Tegen 1950 was de incidentie van iepziekte in New York City beperkt tot twee tienden van een procent van de vijftigduizend iepen in de stad. In 1942 werd in Westchester County een sanitatieprogramma gelanceerd. Gedurende de volgende veertien jaar was het gemiddelde jaarlijkse verlies aan iepen slechts twee tienden van een procent. Buffalo, met honderdvijfentachtigduizend iepen, heeft een uitstekende staat van dienst voor het bevatten van de ziekte door sanitaire voorzieningen, met recente verliezen van slechts drie tienden van een procent per jaar. Met dit verlies zou het ongeveer driehonderd jaar duren om Buffalo's iepen te elimineren, zelfs als er geen werden vervangen. Wat er in Syracuse is gebeurd, is vooral indrukwekkend.

Tot 1957 was er geen effectief programma en tussen 1951 en 1956 verloor de stad bijna drieduizend iepen. Vervolgens, onder leiding van Howard C. Miller, van de State University College of Forestry, werd een intensieve rit gelanceerd om alle zieke iepen en alle mogelijke bronnen van keverfokkend iepenhout te verwijderen. Het verliespercentage ligt nu ruim onder één procent per jaar. De economie van de saneringsmethode wordt benadrukt door New Yorkse experts in de bestrijding van iepziekte. "In de meeste gevallen zijn de werkelijke kosten klein in vergelijking met de waarschijnlijke besparing", zegt JG Matthysse van het New York State College of Agriculture. "Als er sprake is van een dood of gebroken ledemaat, zou het ledemaat uiteindelijk moeten worden verwijderd, als voorzorgsmaatregel tegen mogelijke materiële schade of persoonlijk letsel. Als het een stapel hout van brandstof is, kan het hout vóór de lente worden gebruikt. In het geval van stervende of dode iepen.

De situatie met betrekking tot iepziekte is daarom niet geheel hopeloos. Als het eenmaal in een gemeenschap is ingeburgerd, kan het voor alle zekerheid niet met alle nu bekende middelen worden uitgeroeid, maar het kan binnen redelijke grenzen worden gehouden door sanitaire voorzieningen. Andere mogelijkheden liggen op het gebied van bosgenetica, waar experimenten enige hoop bieden dat een hybride iep resistent tegen iepziekte kan worden ontwikkeld. De Europese iep is zeer resistent en veel van deze iepen zijn in Washington, DC aangeplant. In een periode waarin een groot deel van de iepen van de stad met Nederlandse iepziekte was besmet, werden tussen deze bomen geen gevallen van de ziekte gevonden. Herplanting, via een onmiddellijk boomkwekerij- en bosbouwprogramma, wordt aangespoord op gemeenschappen die grote aantallen iepen verliezen. Dit is belangrijk, en hoewel dergelijke programma's mogelijk de resistente Europese iep omvatten, moeten ze zich richten op een verscheidenheid aan soorten, zodat een toekomstige epidemie een gemeenschap niet van zijn bomen kan beroven.

De sleutel tot een gezonde planten- of dierengemeenschap ligt in wat de Britse ecooloog Charles Elton 'het behoud van variëteit' noemt. Wat er nu gebeurt, is grotendeels het gevolg van de biologische onsensheid van vorige generaties. Zelfs een generatie geleden wist niemand dat het vullen van grote gebieden met een enkele boomsoort een ramp was. En dus stonden hele steden langs hun straten en bezaaid hun parken met iepen. Tegenwoordig sterven bijgevolg de iepen en ook de vogels.

Bij het spuiten van de iepen zijn de vogels het incidentele slachtoffer van een aanval gericht op een insect, maar in andere situaties worden ze nu een direct doelwit van vergif. Er is een groeiende

trend in de richting van toepassingen vanuit de lucht van dodelijke gifstoffen, zoals parathion, een lid van de familie van organische fosfaatinsecticiden, met het doel om concentraties van vogels die onsmakelijk zijn voor boeren te 'beheersen'. De Fish and Wildlife Service heeft ernstige bezorgdheid geuit over deze trend en heeft erop gewezen dat "met parathion behandelde gebieden een potentieel gevaar vormen voor mensen, huisdieren en dieren in het wild." In Zuid-Indiana bijvoorbeeld bundelde een groep boeren hun krachten in de zomer van 1959 om een sproeivliegtuig in te schakelen om een gebied van rivierbodemland met parathion te behandelen. Het gebied was een favoriete rustplaats van duizenden merels, die zich voedden in nabijgelegen korenvelden.

Het probleem had gemakkelijk kunnen worden opgelost door een kleine verandering in de landbouwpraktijk - een verschuiving naar een verscheidenheid aan maïs met diep geplaatste oren, niet toegankelijk voor de vogels - maar de boeren waren overtuigd van de verdiensten van het doden door gif, en dus het vliegtuig in **gestuurd**. **Dede** resultaten hebben hen waarschijnlijk tevreden gesteld, want de lijst met slachtoffers omvatte vijfenzestigduizend roodvleugelige merels en spreuwen. Er is geen rekening gehouden met de kwestie van andere sterfgevallen door wilde dieren. Parathion is niet specifiek voor merels; het is een universele moordenaar. Maar zulke konijnen of wasberen of opossums die door die bodemlanden zwierven en misschien nooit de korenvelden van de boeren bezochten, waren gedoemd door een rechter en jury die hun bestaan niet wisten of er iets om gaven.

En hoe zit het met de mens? In boomgaarden die met dezelfde parathion zijn besproeid, zijn werknemers die **gebladerte behandelen** dat een maand eerder was behandeld, ingestort en in shock geraakt, en slechts een kleine marge ontsnapt, dankzij deskundige medische zorg. Heft Indiana nog steeds jongens op die door de bossen en velden zwerven en misschien zelfs de marges van een rivier verkennen? Als, **wie bewaakte** het vergiftigde gebied om jongens buiten te houden die misschien binnen zouden dwalen? Wie hield de wacht om de onschuldige wandelwagen te vertellen dat de velden die hij wilde betreden dodelijk waren, hun vegetatie bedekt met een dodelijke film? Niemand. Toch was het zo angstaanjagend dat de boeren hun oorlog voerden tegen merels.

De afgelopen tien jaar heeft onze houding ten opzichte van vergif een subtiele verandering ondergaan. Eens werden ze bewaard in containers gemarkeerd met doodshoofden en gekruiste knokkels; bij de zeldzame gelegenheden dat ze werden gebruikt, werd de grootst mogelijke zorg besteed dat ze in contact zouden komen met het doel en met niets anders. Toen, met de ontwikkeling van de nieuwe insecticiden tijdens de Tweede Wereldoorlog en de overvloed aan overtollige vliegtuigen nadat het voorbij was, werd dit alles door de grote meerderheid vergeten. Niet alleen het doelinsect, maar alles - menselijk of niet-menselijk - binnen het bereik van de chemische neerslag kan de aanraking van gif kennen. In de gegeven omstandigheden is het niet verwonderlijk dat heel wat mensen nu twijfels hebben over de luchtdistributie van dodelijke chemicaliën over miljoenen hectaren. Twee massale spuitcampagnes in de late jaren vijftig hebben veel gedaan om deze twijfels te versterken - één tegen de zigeunermot in de noordoostelijke staten en de andere tegen de vuurmier in het zuiden. Geen van beide is een inheems insect, maar beiden waren al vele jaren in dit land zonder een situatie te creëren die om wanhopige maatregelen vroeg.

De zigeunermot, een inwoner van Eurazië, werd bijna honderd jaar geleden in de Verenigde Staten gevestigd. In 1869 liet een Franse wetenschapper, Léopold Trouvelot, per ongeluk een paar van deze motten ontsnappen uit een laboratorium in Medford, Massachusetts, waar hij probeerde ze te kruisen met zijderupsen. Beetje bij beetje verspreidde de zigeunermot zich sindsdien door heel New England. Het primaire middel van zijn progressieve verspreiding is de wind; in het larven- of rupsstadium is het extreem licht en kan het over aanzienlijke hoogten en over grote afstanden worden gedragen. Een ander middel is het transport van planten die de eiermassa dragen, de vorm waarin de soort in de winter voorkomt. De zigeunermot, die in zijn larvenstadium het gebladerte van eikenbo-

men, een paar andere hardhout en wat evergreens gedurende een paar weken per lente aanvalt, komt nu voor in alle staten van New England. Het komt ook sporadisch voor in New Jersey, waar het in 1911 werd geïntroduceerd op een lading sparren uit Nederland, en in Pennsylvania en New York, waarnaar het werd vervoerd door de orkaan van New England van 1938, maar de Adirondacks, bebost met soorten die er niet aantrekkelijk voor zijn, hebben in het algemeen gediend als een barrière voor zijn westwaartse opmars. Volgens een methode die nog steeds onbekend is, is deze echter verschenen in Michigan.

De taak om de zigeunermot in bedwang te houden is op verschillende manieren volbracht, en in de negentig jaar sinds zijn aankomst op dit continent is de angst dat het de grote hardhoutbossen van de zuidelijke Appalachen zou binnendringen niet gerechtvaardigd. Tussen 1907 en 1931 werden tien parasieten en roofdieren geïmporteerd uit het buitenland en met succes gevestigd in New England. Deze natuurlijke controle, plus quarantainemaatregelen en lokaal spuiten, bereikte wat het Amerikaanse ministerie van Landbouw in 1955 omschreef als "uitstekende beperking van distributie en schade." Toch had slechts een jaar nadat het departement aldus zijn tevredenheid had uitgesproken over de staat van zaken, startte de Plant Pest Control Division een federaal staatsprogramma van dekenspuiten, met de aangekondigde intentie om de zigeunermot uiteindelijk te 'uitroeien'. (Omdat opeenvolgende programma's hebben gefaald, heeft het departement het soms nodig gevonden om te spreken van tweede of derde "uitroeiingen" van dezelfde soort in hetzelfde gebied.) De totale chemische oorlog tegen de zigeunermot begon op ambitieuze schaal. In 1956 werd bijna een miljoen hectare besproeid in Pennsylvania, New Jersey, Michigan en New York. Veel klachten over schade zijn gedaan door mensen in de besproeide gebieden. Natuurbeschermers raakten verstoord toen het patroon van het besproeien van grote gebieden zich begon te vestigen. Toen plannen werden aangekondigd voor het sproeien van ongeveer drie miljoen hectare in 1957, werd de oppositie nog sterker, maar de staats- en federale ambtenaren haalden individuele klachten af als onbelangrijk. In dat jaar werden de sproeiers betaald door de gallon, in plaats van door de hectare, moeras. Wat betreft Nassau County, het is de meest dichtbevolkte provincie in New York buiten New York City. In wat lijkt op het hoogtepunt van absurditeit, werd de "dreiging van besmetting van het grootstedelijk gebied van New York City" aangehaald als een rechtvaardiging voor het programma.

De zigeunermot is een bosinsect en is zeker geen inwoner van steden. Hij leeft ook niet op weiden, akkers, tuinen of moerassen. Niettemin, in 1957 vliegtuigen ingehuurd door het Amerikaanse ministerie van Landbouw en het *New York State Department of Agriculture and Markets* overgoten onpartijdig de voorgeschreven DDT, gemengd met stookolie. Ze spotten vrachtwagen tuinen en melkveebedrijven, visvijvers en kwelders. Ze bespotten de kwart hectare grote voorsteden en doordrenkten een huisvrouw terwijl ze een wanhopige poging deed om haar tuin te bedekken voordat het brullende vliegtuig haar kon bereiken, en **douchen** insecticide over spelende kinderen en pendelaars op treinstations.

In Setauket dronk een mooi kwartpaard uit een trog in een veld dat door de vliegtuigen was bespotten; tien uur later was het dood. Auto's werden gezien met het olieachtige mengsel; bloemen en struiken waren verwoest. Vogels, vissen, krabben en nuttige insecten werden gedood. Een groep Long Island-burgers onder leiding van Robert Cushman Murphy had een gerechtelijk bevel gevorderd tegen het spuiten van 1957. Ontkende een voorlopig bevel, de burgers moesten het doordrenken met DDT ondergaan, maar daarna volhardden zij in hun inspanningen om een permanent bevel te verkrijgen. Maar omdat de handeling al was uitgevoerd, oordeelden de rechtbanken dat hun verzoekschrift "betwist" was. De zaak werd doorverwezen naar het Hooggerechtshof, dat weigerde het te horen. Justitie William O. Douglas, in een afwijkende mening, **XXXX**

De besmetting van melk en landbouwproducten die plaatsvond tijdens het sproeien met zigeunermot kwam voor veel mensen als een onaangename verrassing. Wat er gebeurde op een tweehonderd

hectare grote boerderij in het noorden van Westchester onthulde. De eigenaar, mevrouw Thomas Waller, had met name ambtenaren verzocht haar eigendom niet te besproeien, omdat als de bossen werden besproeid, het onmogelijk zou zijn om ook de weiden niet te besproeien en de weiden ondersteunden een kudde rasechte Guernsey-koeien. Ze bood aan om het land te laten controleren op zigeunermotten en om een plaag te laten vernietigen door sproeien. Hoewel ze ervan verzekerd was dat er geen boerderijen zouden worden gesproeid, ontving haar eigendom twee directe sproeiers en werd bovendien tweemaal onderworpen aan afdrijvende spray. Voermonsters van velden waar de koeien hadden geweid, waren natuurlijk besmet, en melkmonsters die achtenveertig uur later werden genomen, bevatten DDT in een hoeveelheid van veertien delen per miljoen. De Food and Drug Administration staat geen residuen van pesticiden in melk toe, maar de beperkingen zijn alleen van toepassing op interstate zendingen. Staats- en districtswetten zijn zelden zo streng als de federale en voor zover mevrouw Waller kon bepalen, hebben noch het New York State Department of Health noch het Westchester County Department of Health zich ingespannen na het sproeien van de zigeunermot om de verkoop te voorkomen van verontreinigde melk, of zelfs om te ontdekken of melk besmet was.

Vrachtwagentuiniers leden ook onder het sproeien van de zigeunermot. Sommige bladgewassen waren zo verbrand en gevlekt dat ze onverkoopbaar waren. Anderen droegen zware resten. Erwtten die werden geanalyseerd in het landbouwwperimentstation van de staat New York van Cornell University bevatten bijvoorbeeld veertien tot twintig delen per miljoen DDT; het wettelijke maximum voor erwten, zoals voor de meeste groenten en fruit, is zeven delen per miljoen. Telers moesten daarom zware verliezen lijden of anderszins in de positie verkeren om producten te verkopen die illegale residuen bevatten. Sommigen hebben schadevergoeding geëist en geïnd. Imkers werden ook zwaar getroffen. Een man, met vierhonderd kolonies bijen, meldde dat honderd procent van de veldkracht van bijen - dat wil zeggen de arbeiders die nectar en stuifmeel verzamelden voor de bijenkorven - waren gedood in bosgebieden, en dat tot vijftig procent was gedood in landbouwgebieden die minder intensief waren besproeid. "Het is heel erg," schreef hij, "om in mei een tuin in te lopen en geen bijen-gezoem te horen."

Na het spuiten van 1957 werd het programma abrupt en drastisch ingekort en vage uitspraken gedaan over het "evalueren" van eerder werk en het testen van alternatieve insecticiden. Van de drie en een half miljoen hectare besproeid in 1957, daalden de behandelde gebieden tot een half miljoen in 1958 en tot ongeveer honderdduizend in 1959, 1960 en 1961. Ondertussen moeten de ambtenaren van de Plant Pest Control rapporten hebben gevonden van Long Island verontrustend. De zigeunermot was daar in grote getale teruggekomen.

In 1957 waren de Plant Pest Control-mannen van het ministerie van Landbouw ook bezig met het lanceren van een nog ambitieuzer programma in het Zuiden. Ook in dit geval kwam het woord "uitroeiing" gemakkelijk van de mimeograafmachines van de afdeling, en dit keer werd het op de vuurmier aangebracht. Een vuur dat is vernoemd naar zijn vurige steek, lijkt de vuurmier vanuit de Verenigde Staten de VS te zijn binnengekomen via de haven van Mobile, Alabama, waar het kort na het einde werd ontdekt van de Eerste Wereldoorlog.

Tegen het einde van de jaren vijftig was het in de meeste zuidelijke staten te vinden. Gedurende de meeste van de veertig jaar sinds zijn aankomst in de Verenigde Staten had de vuurmier blijkbaar weinig aandacht getrokken. De staten waar het het meest aanwezig was, beschouwden het als hinderlijk, vooral omdat het grote nesten of terpen bouwde, een voet of meer, die de werking van landbouwmachines konden belemmeren, maar slechts twee vermeldden het onder de twintig belangrijkste insectenplagen, en deze plaatsten het onderaan de lijst. Met de ontwikkeling van chemicaliën met brede dodelijke krachten, echter, kwam er een plotselinge verandering in de officiële houding ten opzichte van de brandweerman, en in 1957 werd een machtig programma aangekondigd, waarin

de federale overheid, in samenwerking met de getroffen staten, zou uiteindelijk zo'n tweeëntwintig en een half miljoen hectare behandelen en meer dan honderd miljoen dollar uitgeven. Zoals opgezet, riep het programma op tot een drievoudige verdeling van de uitgaven door de federale overheid, de nationale regeringen en de lokale gemeenschappen of grondeigenaren. In de praktijk heeft de federale overheid een onevenredig groot deel van de kosten gedragen.

"Amerikaanse bestrijdingsmiddelenproducenten lijken een verkoopbonus te hebben **afgeluisterd** in het toenemende aantal breedschalige programma's ter bestrijding van plagen, uitgevoerd door het Amerikaanse ministerie van Landbouw," meldde een vakblad vrolijk in 1958. **xxxxde federale overheid heeft een onevenredig groot deel van de kosten gedragen.**

Nooit is een pesticidenprogramma zo grondig verdoemd door vrijwel iedereen behalve de begunstigden van de 'verkoopbonus'. **De brandweer** werd door het ministerie van Landbouw in persberichten en films afgeschilderd als een ernstige bedreiging voor de landbouw door de vernietiging van gewassen en als een serieuze bedreiging voor dieren in het wild door aanvallen op de jongen van grond-nestelende vogels, en zijn angel zou het een ernstige bedreiging voor de menselijke gezondheid maken. **Hoe gezond** waren deze claims?

De 'feiten' die werden gepresenteerd door de getuigen van de afdeling die kredieten zochten, komen niet overeen met die in de eigen publicaties. De editie van 1961 van het jaarlijkse bulletin 'Aanbevelingen voor insecticiden voor de bestrijding van insecten die gewassen en vee aanvallen' vermeldt niet zozeer de vuurmier - een buitengewone omissie als de afdeling zijn eigen propaganda gelooft.

Volgens een zorgvuldige studie van het *Agricultural Experiment Station in Alabama*, de staat die de meest intieme ervaring heeft gehad met dit insect, is "schade aan planten in het algemeen zeldzaam." Rond het tijdstip waarop het sproeien begon, dr. FS Arant, het hoofd van de afdeling zoölogie en entomologie aan de Auburn University, in Auburn, Alabama, verklaarde dat zijn afdeling "in de afgelopen vijf jaar geen enkel rapport heeft ontvangen over schade aan planten door mieren", en dat "geen schade aan vee is waargenomen." Mannen die de mieren in het veld en in het laboratorium hadden onderzocht, zeggen dat de vuurmieren zich op grote schaal voeden met andere insecten, waarvan velen als schadelijk voor de menselijke belangen werden beschouwd - er zijn brandmieren waargenomen die larven **plukken** van de **keverkever** van katoen - en dat hun activiteiten voor het bouwen van heuvels een nuttig doel dienen bij het beluchten en draineren van de grond. En de Alabama-studies zijn onderbouwd door onderzoeken aan de Mississippi State University.

De bewering dat de mier een bedreiging voor de menselijke gezondheid en het leven is, moet ook aanzienlijk worden gewijzigd. Het ministerie van Landbouw sponsorde een film waarin horrorscènes werden gebouwd rond de steek van de vuurmier. Toegegeven, dit is pijnlijk en men doet er goed aan om niet gestoken te worden, net zoals men gewoonlijk vermijdt gestoken te worden door een wesp of een bij. Ernstige reacties kunnen af en toe voorkomen bij gevoelige personen, en de medische literatuur registreert één dood mogelijk, maar niet absoluut, toe te schrijven aan **vuur-gif**. In tegenstelling hiermee registreert het *Office of Vital Statistics* drieëndertig doden in de Verenigde Staten in 1959 alleen aan de angel van bijen en wespen. Toch lijkt niemand te hebben voorgesteld deze insecten "uit te roeien". Nogmaals, lokaal bewijs is overtuigend.

Het ministerie van Landbouw beweerde ook dat vuurmieren wildvogels beschadigen. Een man die ongetwijfeld goed gekwalificeerd is om over dit onderwerp te spreken, is de leider van de *Wildlife Research Unit* in Auburn, Dr. Maurice F. Baker, die jarenlange ervaring in het gebied heeft gehad. De mening van Dr. Baker is in direct conflict met de claims van de landbouwafdeling. Hij verklaart: "In de bijna veertig jaar dat Zuid-Alabama de brandmier heeft gehad, hebben de wildpopulaties een gestage en zeer substantiële toename laten zien. Zeker, als de geïmporteerde vuurmier een ernstige

bedreiging voor dieren in het wild zou zijn, zouden deze omstandigheden niet kunnen bestaan. "

Wat er met het wild zou gebeuren als gevolg van het insecticide dat tegen de mieren werd gebruikt, was iets anders. De te gebruiken chemicaliën, dieldrin en heptachlor, waren beide relatief nieuw, en niemand wist wat hun effecten zouden zijn. Uit tests met verschillende vogels was echter bekend dat elk van de gifstoffen vier tot vijftig keer zo giftig was als DDT, waardoor sommige vogels en veel vissen waren gedood, zelfs in een concentratie van één pond per hectare. Maar de dosering van dieldrin en heptachlor was zwaarder - twee pond aan de **acre** onder de meeste omstandigheden. Het te verwachten effect zou daarom dat zijn van acht tot honderd pond DDT tot de **acre**. Hoewel lokale landbouworganisaties en boeren het programma ondersteunden, riepen de natuurbeschermingsafdelingen van de meeste betrokken staten, nationale natuurbeschermingsorganisaties en individuele ecologen en entomologen de toenmalige minister van Landbouw, Ezra Taft Benson, op om actie op zijn minst uit te stellen totdat enig onderzoek gedaan om de effecten van heptachloor en dieldrin op wilde en gedomesticeerde dieren te bepalen en om de minimale hoeveelheid vast te stellen die de mieren zou beheersen. De protesten werden genegeerd en het programma werd gelanceerd in 1958, met het sproeien van een miljoen hectare.

Het duurde niet lang voordat de feiten zich opstapelden. In Hardin County, Texas, verdwenen bijvoorbeeld opossums, gordeldieren en een overvloedige wasbeerpopulatie vrijwel. Zelfs in de tweede herfst na de behandeling waren deze dieren schaars. De paar wasberen die toen in het gebied werden gevonden, hadden resten van de chemicaliën in hun weefsels. De enige vogelsoort die in enige aantallen overleefde was de huismus, die ook in andere gebieden enig bewijs heeft gegeven dat hij relatief immuun kan zijn. In Alabama hielden biologen van de *Wildlife Research Unit* een voorlopige telling van de kwartelpopulatie in een gebied van zesendertig hectare dat was gepland voor behandeling. Dertien bewonersinhammen - honderd eenentwintig kwartels - strekten zich uit over het gebied. Twee weken na de behandeling konden alleen dode kwartels worden gevonden. En zo ging het, met variaties in de statistieken van de dood.

Een van de meest bekende en gerespecteerde natuurbiologen in het land, Dr. Clarence Cottam, de directeur van de *Welder Wildlife Foundation*, in Sinton, Texas, riep een aantal van de Alabama-boeren op wiens eigendom was behandeld. Naast de opmerking dat 'alle kleine boomvogels' verdwenen leken te zijn, rapporteerden de meeste van deze mensen verlies van vee, pluimvee en huisdieren. Eén man was "woedend tegen de controlepersoneel", verklaarde Dr. Cottam, "omdat hij zei dat hij negentien karkassen van zijn koeien die waren gedood door het gif verbrandde of anderszins verwijderde." En Dr. Cottam voegde eraan toe: "Kalveren stierven dat had sinds de geboorte alleen melk gekregen. 'Een vrouw vertelde hem dat ze verschillende kippen had geplaatst nadat het omringende land was behandeld,' en om redenen die ze niet begreep, waren er maar weinig jongen uitgebroed of overleefd.

Het ministerie van Landbouw heeft consequent alle aanwijzingen voor schade aan vee, pluimvee, huisdieren en dieren in het wild weggevaagd. Maar toen exemplaren van dode vogels uit de besproeide gebieden voor analyse naar de *Fish and Wildlife Service* werden gestuurd, bleek een grote meerderheid ervan residuen van het gif te bevatten. En een dierenarts in Bainbridge, Georgia, Dr. Otis L. Poitevint, die werd opgeroepen om veel getroffen dieren te behandelen, heeft zijn redenen om de dood aan het insecticide toe te schrijven als volgt samengevat: binnen een periode van twee weken tot enkele maanden na het vuurmierengif werd aangebracht, runderen, geiten, paarden en kippen, evenals vogels en andere dieren in het wild, begonnen te lijden aan een vaak dodelijke ziekte van het zenuwstelsel. Het trof alleen dieren die toegang hadden tot besmet voedsel of water. Stallen werden niet beïnvloed. De aandoening werd alleen gezien in gebieden die werden behandeld voor vuurmieren. Laboratoriumtests voor ziekten waren negatief. De symptomen waargenomen

door Dr. Poitevint waren dezelfde als gegeven in gezaghebbende teksten voor vergiftiging door dieldrin of heptachlor. Dr. Poitevint beschreef ook een interessant geval met een kalf van twee maanden oud dat symptomen van vergiftiging door heptachlor vertoonde. Dit was vijf maanden nadat het gif was aangebracht. Het dier werd onderworpen aan uitvoerige laboratoriumtests en de enige significante bevinding was de ontdekking van negenenzeventig delen per miljoen heptachloor in zijn vet. Heeft het kalf de heptachloor direct uit de wei gehaald of indirect uit de moedermelk, of zelfs vóór de geboorte? "Als uit de melk," vroeg Dr. Poitevint, "waarom werden er geen speciale voorzorgsmaatregelen genomen om onze kinderen te beschermen die melk dronken van lokale zuivelfabrieken?"

Opnieuw doet zich het probleem van melkbesmetting voor. Het gebied dat deel uitmaakt van het vuurwapenprogramma bestaat voornamelijk uit akkers en velden. Hoe zit het met het melkvee dat op deze velden graast? In behandelde velden zullen de grassen onvermijdelijk residuen van heptachloor of dieldrin dragen, en als de residuen door de koeien worden gegeten, zal het gif in de melk verschijnen.

Dit werd experimenteel aangetoond voor heptachloor in 1955 en werd gerapporteerd voor dieldrin in 1956 - voordat het vuurwapenprogramma werd gelanceerd. De jaarlijkse publicaties van het Department of Agriculture vermelden nu heptachlor en dieldrin onder de chemicaliën die door de aanwezigheid van voedergewassen ongeschikt zijn voor voeding aan melkdieren of voor slachtrijpe dieren, maar de controleafdelingen van het departement bevorderen programma's die heptachlor en dieldrin verspreiden over substantiële gebieden van grazend land.

Xxx uiterst twijfelachtig of deze aanbeveling is opgevolgd of had kunnen worden gevolgd. De voorgeschreven periode is ook niet toereikend, gezien de aanhoudende aard van de residuen. De **Food and Drug Administration** heeft in deze situatie weinig autoriteit, omdat in de meeste zuidelijke staten de zuivelindustrie klein is en zuivelproducten geen staatsgrenzen overschrijden. Bescherming van de melkvoorziening wordt daarom aan de staten zelf overgelaten. In 1959 onthulden de gezondheidsfunctionarissen of andere bevoegde functionarissen van Alabama, Louisiana en Texas dat er geen tests waren gedaan en dat eenvoudigweg niet bekend was of de melk besmet was met pesticiden. "Het is misschien een programma dat we moeten ondernemen, maar fondsen en personeel staan zo'n project op dit moment niet toe," zei een functionaris in Alabama.

Ondertussen is enig onderzoek gedaan naar de bijzondere aard van heptachlor. Het is misschien juist om te zeggen dat iemand al eerder opgezocht onderzoek heeft opgezocht, want een fundamenteel feit was enkele jaren eerder ontdekt. Dit was het feit dat heptachloor, na een korte periode in de weefsels van dieren of planten of in de bodem, een aanzienlijk meer toxische vorm aanneemt, bekend als heptachloorepoxide.

Het was bekend dat deze transformatie kon plaatsvinden sinds 1952, toen de *Food and Drug Administration* een relevant experiment uitvoerde; twee weken nadat vrouwelijke ratten op een dieet waren gezet dat dertig delen per miljoen heptachloor bevatte, bleken ze honderdvijfenzestig delen per miljoen epoxide in hun weefsels te hebben opgeslagen. Dit feit mocht uit de onduidelijkheid van biologische literatuur komen in 1959, toen de *Food and Drug Administration* actie ondernam die ervoor zorgde dat alle residuen van heptachloor of epoxide in voedsel werden verbannen. De uitspraak plaatste op zijn minst een tijdelijke domper in het vuurwapenprogramma, want hoewel het ministerie van Landbouw jaarlijkse kredieten voor dat doel bleef vragen, werden lokale landbouwgelden steeds terughoudender om boeren te adviseren chemicaliën te gebruiken die waarschijnlijk zouden leiden tot legale gewassen onverkoopbaar.

Na een jaar van zware doseringen verlaagde het ministerie van Landbouw de toedieningssnelheid van heptachlor in 1959 abrupt van twee pond naar een pond en een kwart pond per hectare; later

werd dit veranderd in een half pond per hectare, toegepast in twee behandelingen van elk een kwart pond, met een tussenpoos van drie tot zes maanden. Een ambtenaar van de afdeling verklaarde dat "een programma voor het verbeteren van agressieve methoden aantoonde dat het lagere percentage effectief was. Als deze informatie was verkregen voordat het programma werd gelanceerd, hadden de belastingbetalers veel geld kunnen worden bespaard en, belangrijker, een enorme hoeveelheid oninbare schade had kunnen worden voorkomen. Bovendien waren al jaren effectieve en goedkope methoden voor lokale controle bekend.

De hoop op bouwende gewoonte van de vuurmier maakt de chemische behandeling van individuele kolonies een eenvoudige zaak. De kosten van een dergelijke behandeling zijn ongeveer een dollar per hectare. Voor situaties waarin terpen talrijk zijn en gemechaniseerde methoden wenselijk zijn, is er een cultivator, ontwikkeld door het Agricultural Experiment Station van Mississippi, die de terpen eerst egaliseert en vervolgens een chemische stof rechtstreeks op de aarde toepast die in hun constructie wordt gebruikt.

Controle van de mieren met deze methode is tussen de negentig en vijftien procent effectief. De kostprijs is drieëntwintig cent per hectare. Het massabeheersingsprogramma van het ministerie van Landbouw kostte drie dollar en vijftig cent per hectare - het duurste, het meest schadelijke en het minst effectieve programma van allemaal.

In 1959 bood het departement de chemicaliën gratis aan landeigenaren in Texas, die een vrijlating zouden ondertekenen die de federale, provinciale en lokale overheden zou ontheffen van de verantwoordelijkheid voor schade. In datzelfde jaar weigerde de staat Alabama zich nog verdere middelen voor het project toe te eigenen. Een van zijn functionarissen typeerde het hele programma als "slecht geadviseerd, haastig opgevat, slecht gepland en een opvallend voorbeeld van ruw rijden over de verantwoordelijkheden van andere openbare en particuliere instanties." (In 1961 werd de wetgever echter opnieuw overtuigd om een klein krediet.)

Ondertussen toonden de boeren in Louisiana een toenemende terughoudendheid om zich aan te melden voor het project, want het was duidelijk geworden dat het gebruik van chemicaliën tegen de brandmier een toename van insecten veroorzaakte die schadelijk waren voor suikerriet. Bovendien was het programma duidelijk niets aan het bereiken. De sombere staat werd kort samengevat in het voorjaar van 1962 door Dr. LD Newsom, de directeur van het entomologieonderzoek van het Agricultural Experiment Station van de Louisiana State University: "Het geïmporteerde vuurmierenuitroeingsprogramma dat is uitgevoerd door de staat en de federale agentschappen is dus ver een mislukking. Er zijn nu meer besmette hectaren in Louisiana dan toen het programma begon."

"De insectenwereld is het meest verbazingwekkende fenomeen van de natuur," zei de Nederlandse bioloog CJ Brièr. "Niets is onmogelijk; de meest onwaarschijnlijke dingen komen daar vaak voor. Iemand die diep in zijn mysteries dringt, is voortdurend buiten adem van verwondering. Hij weet dat alles kan gebeuren en dat het volkomen onmogelijke vaak gebeurt. 'Het' onmogelijke 'gebeurt' nu. Door onze chemische aanval verzwakken we de verdedigingen die inherent zijn aan de omgeving zelf - verdedigingen ontworpen om de soort in toom te houden. Elke keer als we deze verdedigingen doorbreken, stroomt er een horde insecten doorheen. Van over de hele wereld komen rapporten die deze hachelijke situatie duidelijk maken. Aan het einde van een decennium of meer van intensieve chemische controle, hebben entomologen ontdekt dat problemen die ze een paar jaar eerder als opgelost hadden beschouwd, opnieuw de pest waren geworden **hen**, en ook dat nieuwe problemen zijn ontstaan omdat insecten die eenmaal in onbeduidende aantallen aanwezig zijn, zijn toegelaten tot de status van ernstig ongedierte.

Van nature zijn chemische controles zelfvernietigend, want de mens heeft ze bedacht en toegepast zonder rekening te houden met de complexe biologische systemen waartegen hij ze heeft geslin-

gerd. De chemicaliën zijn soms vooraf getest tegen een paar individuele soorten, maar nooit tegen levende gemeenschappen. In sommige kringen is het tegenwoordig in de mode om het evenwicht in de natuur te verwerpen als een gang van zaken in een vroegere, eenvoudiger wereld - een toestand die nu zo diep van streek is dat we hem net zo goed kunnen vergeten. Als een grafiek voor een koers, is deze veronderstelling zeer gevaarlijk. Het evenwicht van de natuur is vandaag niet hetzelfde als in het Pleistocene, maar het is er nog steeds - een complexe, precieze, en een sterk geïntegreerd systeem van relaties tussen levende wezens, dat niet veilig kan worden genegeerd, evenmin als de wet van de zwaartekracht kan worden genegeerd door een man op de rand van een klif.

De balans van de natuur is nooit statisch geweest; het is vloeibaar, steeds in beweging, in een constante staat van aanpassing. De mens zelf maakt deel uit van dit evenwicht. Soms is het evenwicht in zijn voordeel; soms - en al te vaak door zijn eigen activiteiten - verschuift het naar zijn nadeel. Twee kritisch belangrijke feiten zijn over het hoofd gezien bij de formulering van de moderne insectenbestrijdingsprogramma's. De eerste is dat de echt effectieve bestrijding van insecten de controle is die door de natuur wordt toegepast. Populaties worden in toom gehouden door iets dat de ecologen de weerstand van het milieu noemen, en dit is zo sinds het eerste leven werd gecreëerd.

De hoeveelheid voedsel die beschikbaar is, het weer en klimaat, de aanwezigheid van concurrerende of roofzuchtige soorten - ze spelen allemaal een rol." De grootste factor die voorkomt dat insecten de rest van de wereld overweldigen, is de interne oorlogvoering die ze onderling voeren", aldus de Californische entomoloog Robert Metcalf. Het tweede verwaarloosde feit is de echt explosieve kracht van een soort om zich voort te planten zodra de weerstand van de omgeving is verzwakt. De vruchtbaarheid van vele vormen van leven valt ons bijna niet voor te stellen, hoewel we af en toe een suggestieve glimp van de reikwijdte ervan mogen ontvangen.

Ik herinner me uit mijn studententijd het wonder dat kon worden gedaan in een pot met een eenvoudig mengsel van hooi en water, als je er maar een paar druppels materiaal uit een volwassen protozoa-cultuur aan toevoegde. Binnen een paar dagen zou de pot een hele melkweg van wervelend, schreeuwend leven bevatten - ontelbare triljoenen paramecia, de slipperdier, elk zo klein als een stofkorrel, die zich zonder beperkingen vermenigvuldigen in hun tijdelijke Eden van gunstige temperatuur, overvloedig voedsel, afwezigheid van vijanden.

En ik herinner me oeverrotsen wit met zeepokken zover het oog reikt, of het schouwspel van een immense school kwallen, mijl na mijl, met schijnbaar geen einde aan de pulserende, spookachtige vormen, nauwelijks wezenlijker dan het water zelf.

Vroeger vermaakten biologen zichzelf door te speculeren over wat er zou gebeuren als de natuurlijke beperkingen werden weggegooid en alle nakomelingen van een enkel individu overleefden. Zo berekende Thomas Huxley een eeuw geleden dat een enkele vrouwelijke bladluis (die de merkwaardige kracht heeft om zich voort te planten zonder te paren) in een jaar tijd nageslacht zou kunnen produceren waarvan het totale gewicht gelijk zou zijn aan dat van de inwoners van het Chinese rijk van zijn tijd. Gelukkig voor ons is zo'n extreme situatie alleen theoretisch, maar de resultaten van het verstoren van de eigen regelingen van de natuur zijn goed bekend bij studenten van dierenpopulaties. De ijver van de veehouder voor het elimineren van de coyote heeft geresulteerd in plagen van veldmuizen, die de coyote voorheen beheerste.

Het bekende verhaal van de herten die het Kaibab-plateau in Arizona bewonen, is een ander goed voorbeeld. Eens was de hertenpopulatie in evenwicht met zijn omgeving.

Een aantal roofdieren - wolven, poema's en coyotes - voorkwam dat het hert te veel groeide in ver-

houding tot hun voedselvoorziening. Toen begon een campagne om het hert te "behouden" door hun vijanden te doden. Toen de roofdieren eenmaal verdwenen waren, nam het hert enorm toe en al snel was er niet genoeg voedsel voor hen. De bladerlijn aan de bomen ging steeds hoger, en er stierven veel meer herten tegelijk dan voorheen waren gedood door roofdieren. De hele omgeving was bovendien beschadigd door de wanhopige pogingen van het hert om voedsel te vinden.

De roofzuchtige insecten van veld en bos - de insecten die andere insecten doden en consumeren - spelen dezelfde rol als de wolven en coyotes. Dood ze en de populatie van hun prooi stijgt omhoog. Niemand weet hoeveel soorten insecten de aarde bewonen, omdat er nog zoveel moeten worden geïdentificeerd, maar er zijn al meer dan zevenhonderdduizend beschreven. Dit betekent dat zeventig tot tachtig procent van de soorten levende wezens op aarde insecten zijn. De overgrote meerderheid van deze insecten wordt tegengehouden door natuurlijke krachten, zonder enige tussenkomst van de mens. Het probleem is dat we ons zelden bewust zijn van de bescherming die deze natuurlijke vijanden ons bieden totdat deze faalt. De meesten van ons lopen onzichtbaar door de wereld, niet op de hoogte van zijn schoonheden en wonderen en van de vreemde en soms verschrikkelijke intensiteit van de levens die om ons heen worden geleefd. Dus het is dat de activiteiten van de insectenroofdieren en parasieten weinig bekend zijn. Misschien hebben we een vreemd gevormd insect van woeste mien op een struik in de tuin opgemerkt en zijn we ons vaag bewust van het feit dat het een bidsprinkhaan was, die ten koste gaat van andere insecten. Maar we zien alleen met een begripvol oog als we 's nachts in de tuin hebben gelopen en, hier en daar, met behulp van een zaklamp, de bidsprinkhaan een glimp van de mantis hebben opgevangen die sluipend over zijn prooi kruipt.

Dan voelen we iets van het drama van jager en gejaagd. Dan beginnen we iets te voelen van die niet aflatende kracht waardoor de natuur haar eigen macht heeft. De roofdieren zijn van vele soorten. Sommige zijn snel en grijpen met de snelheid van zwaluwen hun prooi uit de lucht. Anderen ploeteren methodisch langs een stengel, plukken en verslinden sedentaire insecten, zoals de bladluizen. De gele jas vangt zachtaardige insecten en voedt de sappen aan zijn jongen. De modder-wesp bouwt een zuilvormig nest van modder onder de dakrand van huizen en vult het met insecten waarop zijn jongen zich zal voeden. De ruiter wesp zweeft boven kuddes grazend vee en vernietigt de bloedzuigende vliegen die hen kwellen. De luid zoemende syrphusvlieg, vaak verward met een bij, legt zijn eieren op de bladeren van door luizen aangetaste planten; de larven, wanneer ze uitkomen, verbruiken enorme aantallen bladluizen. Lieveheersbeestjes, of lieveheersbeestjes, behoren tot de meest effectieve vernietigers van bladluizen, en van schaalinsecten en andere plantenetende insecten ook.

Letterlijk honderden bladluizen worden geconsumeerd door een enkel lieveheersbeestje om het vuur van energie op te stoken dat ze nodig heeft om een enkele partij eieren te produceren. Nog meer buitengewoon in hun gewoonten zijn de parasitaire insecten. Deze doden hun gastheren niet ronduit. In plaats daarvan gebruiken ze ze voor de opvoeding van hun jongen. Sommigen deponeren hun eieren in de larven of de eieren van hun prooi, zodat hun eigen ontwikkelende jong de gastheer kan consumeren. Anderen hechten hun eieren aan een rups door middel van een plakkerige oplossing; bij het uitkomen boort de larvenparasiet door de huid van de gastheer. Weer anderen leggen, geleid door een instinct dat lijkt op een vooruitziende blik, slechts hun eieren op een blad, zodat een rups die ze opeet, ze opeet.

Overal, in het veld en de heg en de tuin en het bos, zijn de insectenroofdieren en parasieten aan het werk. Hier, boven een vijver, schieten de libellen en de zon schiet vuur uit hun vleugels. Dus hun voorouders snelden door de moerassen waar enorme reptielen leefden. Nu, zoals in die oude tijden, vangen de scherpogige libellen muggen in de lucht en scheppen ze in **met mandvormige benen**. In de wateren beneden jagen hun jongen, de libelle nimfen of naiades op de waterstadia van muggen en andere insecten. En daar, bijna onzichtbaar tegen een blad, is de lacewing, met gaasachtige groe-

ne vleugels en gouden ogen, verlegen en geheimzinnig, afstammeling van een ras dat in de Perm-tijd leefde. De volwassen lacewing voedt zich meestal met plantennectars en de honingdauw van bladluizen, en na verloop van tijd legt ze haar eieren, elk aan het einde van een lange stengel, die ze aan een blad vastzet.

Hieruit komen haar **kinderen** tevoorschijn - vreemde, borstelige larven die bladluisleeuwen worden genoemd, die leven door te jagen op bladluizen, schaalinsecten of mijten, ze te vangen en ze droog van vloeistof te zuigen. Elk kan enkele honderden bladluizen consumeren voordat de onophoudelijke **omkering** van zijn levenscyclus de tijd brengt waarop het een witte, zijden cocon zal laten rond-draaien om het popstadium te passeren.

En er zijn veel wespen en vliegen waarvan het bestaan afhangt van de vernietiging van de eieren of larven van andere insecten. Sommige van de eiparasieten zijn buitengewoon klein, maar door hun aantal en hun grote activiteit houden ze de overvloed van veel gewasvernietigende soorten tegen. Er is bijvoorbeeld een kleine wesp van het geslacht *Trichogramma*, waarvan het fragiele lichaam mogelijk kleiner is dan de eieren van haar prooi. Ze vliegt onvermoeibaar door de katoenvelden, het zoeken naar de eieren van de bolworm en de bladworm, of door boomgaarden, om de eieren van de kabeljauwmot te vinden, of in de rietvelden, waar de suikerrietboorder, een bruine mot, haar eieren op de stengels van het groeiende riet legt.

Welk onfeilbaar instinct - welk geurspoor waarvan de mens niets weet - leidt haar naar deze plaatsen? De eitjes van haar prooi vinden, op welke manier dan ook, doorboort ze een voor een, waarbij ze een van haar eigen eieren in elkaar legt. Het zo binnengevallen ei voltooit niet zijn eigen ontwikkeling maar levert voeding voor de parasiet die zich nu in het kind ontwikkelt; aldus wordt elk geparasiteerd ei een Trojaans paard waaruit een vijand in zijn soort zal voortkomen.

Al deze kleine wezens werken - werken in zon en regen, tijdens de uren van duisternis, zelfs wanneer de winter de vuren van het leven heeft gedempt tot loutere sintels, wachtend om opnieuw in activiteit te verrijzen zodra de lente de insectenwereld wakker maakt. Onder de witte deken van sneeuw, onder de door vorst geharde grond, in spleten in de schors van bomen, en in de beschutting van grotten, kunnen de parasieten en de roofdieren zichzelf tijgen gedurende het seizoen van de kou. De eieren van de bidsprinkhaan zijn veilig in kleine gevallen van dun perkament bevestigd aan de tak van een struik door de moeder, wiens levensduur eindigde met de zomer die voorbij is. De vrouwelijke polisteswesp heeftschuilde in een vergeten hoek van een zolder, droeg de bevruchte eieren in haar lichaam, het erfgoed waarvan de hele toekomst van haar kolonie afhangt. Zij, de enige overlevende, zal in het voorjaar een klein papieren nestje beginnen, een paar eieren in de cellen leggen en voorzichtig een kleine groep arbeiders opfokken. Met hun hulp zal ze het nest vergroten en de kolonie ontwikkelen. Dan vernietigen de arbeiders, onophoudelijk door de hete zomerdagen, talloze rupsen. Dus, door de omstandigheden van hun leven en de aard van onze eigen wensen, zijn al deze wezens al lang onze bondgenoten in het bewaren van het evenwicht van de natuur in ons voordeel. Maar nu hebben we onze artillerie tegen onze vrienden gekeerd. Het vreselijke gevaar is dat we hun waarde in het op afstand houden van een donker getij van vijanden, enorm hebben onderschat.

Het vooruitzicht van een algemene en permanente verlaging van de omgevingsweerstand wordt steeds reëler naarmate het aantal, de variëteit en de destructiviteit van insecticiden groeit. Elk jaar kunnen we een serieuze uitbraak van insecten verwachten - zowel ziektedragende als gewasvernietigende soorten - boven alles wat we ooit hebben gekend.

"Ja, maar is dit niet allemaal theoretisch?" Vraagt iemand. "Het zal toch niet echt gebeuren - toch niet in mijn leven?" Het gebeurt nu. In 1958 hadden wetenschappelijke tijdschriften al zo'n vijftig soorten geregistreerd die betrokken waren bij gewelddadige ontwrichtingen van het evenwicht van

de natuur, en er worden er elk jaar meer gevonden. Een recent overzicht van het onderwerp bevatte verwijzingen naar tweehonderdvijftien **kranten die** ongunstige verstoringen in de balans van insectenpopulaties rapporteerden of bespraken omdat insecticiden verschillende roofdieren en parasieten hadden gedood.

Soms was het eindresultaat van chemisch spuiten een enorme toename van het insect dat het sproeien moest beheersen, zoals toen zwarte vliegen in Ontario zeventien keer zo overvloedig werden na het spuiten als voorheen, en als wanneer, in Engeland, een uitbraak van de koolluis - een uitbraak die geen parallel had geregistreerd - volgde een breed sproeiprogramma. Op andere momenten is sproeien redelijk effectief geweest tegen het doelinsect, maar heeft het een doos met Pandora van destructief ongedierte losgelaten dat nooit eerder genoeg was om problemen te veroorzaken.

De spint is bijvoorbeeld praktisch een wereldwijd ongedierte geworden omdat DDT en andere insecticiden zijn vijanden hebben gedood. De spint is geen insect. Het is een nauwelijks zichtbaar achtbenig wezen, behorend tot de Arachnida, de klasse die ook spinnen omvat, schorpioenen en teken. Het heeft een enorme eetlust voor het chlorofyl dat de wereld groen maakt. Het steekt zijn stiletto-scherpe monddelen in de buitenste cellen van bladeren of groenblijvende naalden en extraheert het chlorofyl. Een milde aantasting geeft bomen of struiken een gevlekte, of peper-en-zoutachtige uitstraling.

Als er een zware boom is, wordt het gebladerte **geel en waait het uit**, wat een paar jaar geleden gebeurde in enkele van de Westelijke Nationale Bossen, na een programma van het besproeien van zo'n 85.000 hectare bebost land met DDT. Het sproeien werd gedaan door de Forest Service van de Verenigde Staten in 1956, met de bedoeling om de sparrenworm te bestrijden, maar de volgende zomer werd ontdekt dat er een probleem was ontstaan dat groter was dan de schade aan de budworm. Van de lucht, uitgestrekte verwoeste gebieden waren te zien waar de prachtige Douglas-sparren bruin werden en hun naalden lieten vallen. In het Helena National Forest en op de westelijke hellingen van de Big Belt Mountains, en vervolgens in andere gebieden van Montana en in Idaho, begonnen de bossen eruit te zien alsof ze waren verschroeid.

Het was duidelijk dat deze zomer van 1957 de meest uitgebreide besmetting van spint in de geschiedenis had gebracht. Bijna het hele bespoten gebied was aangetast; nergens was dergelijke schade zichtbaar. Waarom lijkt de spint te gedijen op insecticiden?

Uiteraard is het relatief ongevoelig voor hen, maar er lijken ook twee andere redenen te zijn. In de natuur wordt de spintmijt onder controle gehouden door verschillende roofdieren, zoals lieveheersbeestjes, galmuggen, roofmijten en verschillende pirateninsecten, en al deze zijn uiterst kwetsbaar voor insecticiden. De andere reden heeft te maken met populatiedruk in de spintmijtkolonies. Normaal gesproken is een kolonie mijten een dichtbevolkte gemeenschap, die zich onder een beschermend web bevindt om zich voor zijn vijanden te verbergen. Wanneer een dergelijke kolonie wordt gespoten, verspreiden de mijten, geïrriteerd door de chemicaliën, zich op zoek naar plaatsen waar ze niet worden gestoord. Daarbij vinden ze een veel grotere overvloed aan ruimte en voedsel. Hun vijanden zijn nu dood, dus ze hoeven niet hun energie te steken in het afscheiden van een beschermend web. In plaats daarvan besteden ze het allemaal aan het produceren van meer mijten; het is niet ongewoon dat hun eierproductie drievoudig toeneemt.

De situatie veroorzaakt door insecticiden is rijk aan ironie. In de appelboomgaarden van Nova Scotia eind jaren veertig waren de ergste aantastingen van de motmot - een oorzaak van 'wormachtige' appels - in de boomgaarden die regelmatig waren besproeid. In onbespoten boomgaarden waren de motten niet overvloedig genoeg om echte problemen te veroorzaken. Ver weg, in het oosten van Sudan, een paar jaar later, werd zo'n zestigduizend hectare katoen besproeid met DDT. Een van de meest destructieve vijanden van katoen is de bollworm, maar hoe meer de boeren sproeiden, hoe meer bollworms verschenen. Ongespoten katoen heeft minder schade aan zijn vruchten **en** later, aan

zijn volgroeide bollen dan bespoten katoen, en in tweemaal gespoten velden daalde de opbrengst aan zaadkatoen aanzienlijk. Hoewel sommige van de bladvoedende insecten werden geëlimineerd, werd elk voordeel dat dit zou kunnen hebben meer dan gecompenseerd door bollwormschade.

In Amerika hebben boeren herhaaldelijk één insectvijand ingeruild voor een ergere omdat sproeien de populatiedynamiek van de insectenwereld heeft verstoord. Zowel het programma tegen uitroeiing van vuur in het Zuiden als het sproeien in het Midden-Westen tegen de Japanse kever hadden inderdaad precies dit effect; de eerste stond toe dat de suikerrietboorder voet aan de grond kreeg en de laatste resulteerde in een enorme toename van de maïsboorder.

Een bijzonder ironische reeks gebeurtenissen heeft plaatsgevonden in de citrusboomgaarden van Californië. In 1872 verscheen een schaalinsect dat zich voedt met het sap van citrusvruchten in de staat, en binnen de volgende vijftien jaar was de fruitoogst in veel bosjes zo bijna volledig verloren dat de telers het opgaven en hun bomen eruit trokken. In 1888 werd echter een parasiet van het schaalinsect uit Australië geïmporteerd - een kleine damekever genaamd de *vedalia*. Binnen slechts twee jaar was het schaalinsect zo grondig onder controle dat men dagen tussen de sinaasappelboomgaarden kon zoeken zonder een enkel exemplaar te vinden. De invoer van de *vedalia* had de regering slechts vijfduizend dollar gekost en haar activiteiten hadden de fruittelers enkele miljoenen dollars per jaar bespaard.

Dit was 's werelds meest succesvolle en beroemde experiment op het gebied van biologische bestrijding. Toen, in de jaren veertig, begonnen de citrusboeren de glamoureuze nieuwe chemicaliën te gebruiken in een poging om andere insecten kwijt te raken, en de bevolking van de *vedalia* in veel delen van Californië werd weggevaagd. Het schaalinsect kwam snel terug en de schade aan de citrusbomen overtrof alles wat vijftig jaar lang was waargenomen.

"Dit betekende mogelijk het einde van een tijdperk," zei Dr. Paul DeBach, van het Citrus Experiment Station van de Universiteit van Californië in Riverside, in 1956. Nu is de controle over het schaalinsect enorm ingewikkeld geworden. De *vedalia* kan alleen worden onderhouden door herhaalde releases en door de meest zorgvuldige aandacht voor sproeischema's, om het contact van de kevers met insecticiden te minimaliseren. En, ongeacht wat de citrustelers doen, ze zijn min of meer overgeleverd aan de eigenaren van aangrenzende gebieden, die andere gewassen telen, want ernstige schade is veroorzaakt door insecticide drift.

Als Darwin vandaag leefde, zou hij verbaasd en verrukt zijn van de indrukwekkende verificatie dat zijn theorieën over het overleven van de sterksten ontvangen van de insectenwereld. Onder de stress van intensief chemisch spuiten worden de zwakkere leden van de insectenpopulaties weggevaagd, en in veel gebieden en bij veel soorten blijven alleen de sterke en fit over, tartend onze inspanningen om ze te bestrijden. Bijna een halve eeuw geleden stelde een professor entomologie aan het Washington State College, AL Melander, de nu puur retorische vraag: "Kunnen insecten resistent worden tegen sprays?" stelde zijn vraag in 1914 in plaats van veertig jaar later. In het pre-DDT-tijdperk, toen anorganische chemicaliën werden toegepast in hoeveelheden die vandaag buitengewoon bescheiden lijken, hier en daar kwamen stammen van insecten tevoorschijn die sproeien of stuiven konden overleven. Rond 1908 kwam Melander zelf in de problemen met een van de schubben.

Sinds enkele jaren werden de insecten, een veel voorkomende plaag van fruitbomen, bevredigend bestreden door besproeiing met kalkzwavel, maar dat jaar werden ze in het Clarkston-gebied van Washington vuurvast; ze waren daar moeilijker te doden dan elders. En plotseling leken de schaalinsecten in andere delen van het land hetzelfde idee te krijgen - dat het niet nodig was dat ze stierven onder het sproeien van kalkzwavel. In Illinois, Indiana, Arkansas en andere staten werden duizenden hectaren fijne boomgaarden vernietigd door de insecten. Vervolgens, in bepaalde gebieden van Californië, de aloude methode om canvastenten over citrusbomen te plaatsen en ze te ontsmetten

met blauwzuur begon teleurstellende resultaten te geven - een probleem dat leidde tot onderzoek bij het Citrus Experiment Station, dat begon rond 1915 en een kwart eeuw duurde. In de jaren twintig van de vorige eeuw leerde nog een insect het geheim van de weerstand - de kabeljauwmot, die de afgelopen veertig jaar volgzzaam was bezweken om arsenaat te leiden.

Het was echter de komst van DDT en zijn vele familieleden die het echte verzetstijdperk inluidde. Het had **niemand moeten verbazen** met zelfs de eenvoudigste kennis van insecten of van de dynamiek van een dierenpopulatie die zich binnen een paar jaar een lelijk en gevaarlijk probleem duidelijk had omschreven. Toch lijkt het besef dat insecten een effectief wapen hebben om agressieve chemische aanvallen tegen te gaan, langzaam te zijn opgedoken. Sterker nog, zelfs nu lijken alleen de onderzoekers die zich bezighouden met insecten die vectoren zijn, of dragers van ziekte, zich terdege bewust zijn geworden van de aard van de situatie; voor het grootste deel vertrouwen de landbouwers nog steeds op de ontwikkeling van steeds giftiger chemicaliën. Maar als het begrip van resistentie tegen insecten zich langzaam heeft ontwikkeld, het was heel anders met weerstand zelf.

Vóór 1945 waren slechts ongeveer een dozijn soorten bekend die **resistentie tegen hebben ontwikkelden van de pre-DDT insecticiden**. Met de nieuwe chemicaliën en de nieuwe methoden van intensieve toepassing, begon de weerstand een meteorische stijging, die tegen 1960 het alarmerende niveau van honderdzevenendertig soorten had bereikt. En niemand die bekend is met de situatie gelooft dat het einde in zicht is. Er zijn nu meer dan duizend technische artikelen gepubliceerd over dit onderwerp en de Wereldgezondheidsorganisatie heeft de hulp ingeroepen van ongeveer driehonderd wetenschappers in alle delen van de wereld en verklaarde dat "weerstand momenteel het belangrijkste probleem is voor vector- controleprogramma's. "Dr. Elton, de vooraanstaande Britse student van dierenpopulaties, heeft gezegd:" We horen het vroege gerommel van wat een krachtlawine kan worden. "

Soms ontwikkelt resistentie zich zo snel dat de inkt nauwelijks droog is op een rapport dat succesvolle controle van soorten met behulp van een specifieke chemische stof aanroept voordat een gewijzigd rapport moet worden uitgegeven. In Zuid-Afrika bijvoorbeeld, werden de veehouders al lang geplaagd door de blauwe teek, waarvan op één boerderij zeshonderd stuks vee in één jaar waren gestorven. De teek was al enkele jaren bestand tegen **arseen dips**. Toen, rond 1947, werd de gechloreerde koolwaterstof genaamd BHC geprobeerd, en gedurende een zeer korte tijd leek alles goed te zijn. Rapporten uitgegeven in het begin van het jaar 1949 verklaarden dat de arseen-resistente teken gemakkelijk konden worden beheerst met de nieuwe chemische stof; later dat jaar moest een sombere aankondiging van het ontwikkelen van weerstand worden gepubliceerd. De situatie was aanleiding voor een schrijver in de *Leather Trades Review*, een weekblad gepubliceerd in Londen om in 1950 te becommentariëren: "Nieuws zoals dit rustig door wetenschappelijke kringen sijpelt en in kleine delen van de overzeese pers verschijnt, is voldoende om krantenkoppen te maken die even groot zijn als die over de nieuwe atoombom, al was het maar het belang van de zaak waren goed begrepen. "

Aan die lijst van ongeveer een dozijn landbouwinsecten die resistentie toonden tegen de anorganische chemicaliën van een vroeger tijdperk, is een gastheer toegevoegd die resistent is tegen gechloreerde koolwaterstoffen zoals DDT, BHC, lindaan, toxafteen, dieldrin en aldrin, en zelfs tegen de organische fosfaten, waarvan zoveel werd gehoopt. In 1960 was het totale aantal resistente insecten van belang in de landbouw vijfenzeftig. Misschien wel het meest lastige geval van weerstand op dit gebied is dat van de **motmot**, die nu resistent is tegen DDT in praktisch alle regio's waar appels worden verbouwd. Weerstand in koolinsecten veroorzaakt nog een serieus probleem. Aardappelinsecten ontsnappen aan chemische bestrijding in veel delen van de Verenigde Staten. Zes soorten katoenen insecten, samen met een assortiment van trips, fruitmotten, leafhoppers, rupsen, **xxxxx**

Hoewel resistentie tegen insecten een punt van zorg is in de land- en bosbouw, heeft het op het gebied van de volksgezondheid de grootste bezorgdheid gewekt. De relatie tussen insecten en vele ziekten van de mens is oud. Muggen van het geslacht *Anopheles* kunnen het eencellige organisme van malaria in de menselijke bloedstroom injecteren. Andere muggen brengen gele koorts over. Weer anderen dragen encefalitis.

De huisvlieg, die niet bijt, kan desondanks door contact menselijk voedsel besmetten met de bacillen van sommige soorten dysenterie, en in veel delen van de wereld speelt het ook een belangrijke rol bij de overdracht van oogziekten. De lijst met ziekten en hun insectenvectoren omvat ook tyfus en lichaamluis, pest- en rattenvlooien, Afrikaanse slaapziekte en tseetseevliegen, en verschillende koorts en teken, onder ontelbare anderen.

Deze vormen een belangrijk probleem dat moet worden opgelost. Geen verantwoordelijke persoon beweert dat door insecten overgedragen ziekten moeten worden genegeerd. De vraag die zich nu dringend heeft voorgedaan, is hoe verantwoordelijk het is om het probleem aan te pakken met methoden die het snel erger maken. De wereld heeft veel van de triomfantelijke oorlog tegen ziekten gehoord door de bestrijding van insectenvectoren, maar het heeft weinig gehoord van de andere kant van het verhaal - de nederlagen en ook de kortstondige triomfen die nu sterk de opvatting ondersteunen dat de insectenvijand feitelijk sterker is geworden door onze inspanningen.

Wat nog alarmerender is, is dat we misschien al onze middelen om het te bestrijden hebben vernietigd. Een vooraanstaande Canadese entomoloog, Dr. A. W. A. Brown, werd door de Wereldgezondheidsorganisatie ingeschakeld om een uitgebreid onderzoek te doen naar het weerstandsprobleem. In de resulterende monografie, gepubliceerd in 1958, zegt Dr. Brown: "Amper tien jaar na de introductie van de krachtige synthetische insecticiden in volksgezondheidsprogramma's, is het belangrijkste technische probleem de ontwikkeling van resistentie tegen hen door de insecten die ze voorheen gecontroleerd.

"Bij het publiceren van zijn monografie zei de Wereldgezondheidsorganisatie: "Het krachtige offensief dat nu wordt uitgevoerd tegen door geleedpotigen overgedragen ziekten zoals malaria, tyfuskoorts en pest, vormt een ernstige terugval, tenzij dit nieuwe probleem snel kan worden beheerst. "

Wat is de maat voor deze "tegenslag"? De lijst met resistente soorten bevat nu praktisch alle insectengroepen van medisch belang. Blijkbaar zijn de zwarte vliegen, het zandvliegen en de tseetseevliegen nog niet bestand tegen chemicaliën. Aan de andere kant, resistentie bij huisvliegen en luizen heeft zich nu wereldwijd ontwikkeld; malariaprogramma's worden bedreigd door weerstand onder muggen; en de oosterse rattenvlo, de belangrijkste vector van de pest, heeft onlangs weerstand getoond tegen DDT – een meest serieuze ontwikkeling. Landen die resistentie melden bij een groot aantal soorten vertegenwoordigen elk continent en de meeste eilandgroepen.

Waarschijnlijk vond in 1943 in Italië het eerste medische gebruik van moderne insecticiden plaats, toen de geallieerde militaire regering een succesvolle aanval op tyfus lanceerde door enorme aantallen mensen met DDT af te stoffen, om luizen onder controle te houden. Dit programma leidde tot een van de vroegste en meest gepubliceerde resultaten van DDT. Toen, in de winter van 1945-46, controleerde DDT luizen die ongeveer twee miljoen mensen in Japan en Korea hadden getroffen. Enige voorgevoel van problemen zou kunnen zijn verkregen door het falen van DDT om een tyfus-epidemie in Spanje in 1948 te beheersen, maar zelfs daarna lieten bemoedigende laboratoriumexperimenten entomologen geloven dat het onwaarschijnlijk was dat luizen resistentie zouden ontwikkelen. De gebeurtenissen in Korea in de winter van 1950-51 waren daarom verbazingwekkend. Toen DDT-poeder werd aangebracht op een grote groep Koreaanse soldaten, het buitengewone resultaat was een toename van de besmetting van luizen. Sommige van deze luizen werden verzameld en getest en er werd gevonden dat vijf procent DDT-poeder geen toename van hun natuurlijke sterftecij-

fer veroorzaakte. Vergelijkbare resultaten bij luizen verzameld van zwerfdieren in Tokio, van een asiel in Itabashi en van vluchtelingenkampen in Syrië, Jordanië en Oost-Egypte bevestigden de ineffectiviteit van DDT voor de bestrijding van luizen, en dus van tyfus. Tegen 1957, toen de lijst van landen waarin luizen resistent waren geworden tegen DDT werd uitgebreid met Iran, Turkije, Ethiopië, West-Afrika, Zuid-Afrika, Peru, Chili, Frankrijk, Joegoslavië, Afghanistan, Oeganda, Mexico en Tanganyika, DDT's de eerste triomf in Italië leek inderdaad zwak.

In 1946, opnieuw in Italië, werd begonnen met uitgebreide toepassingen van resterende sprays voor de bestrijding van malariamuggen. De eerste tekenen van problemen verschenen pas een jaar later. Huisvliegen en ook muggen van de soort *Culex pipiens* - de gewone *huismug* - begon weerstand te bieden tegen de sprays. In 1948 werd een nieuwe chemische stof, **chloor**, geprobeerd als een aanvulling op DDT. Deze keer werd twee jaar lang goede controle verkregen, maar tegen augustus 1950 waren er **chloorbestendige** vliegen verschenen, en tegen het einde van dat jaar waren alle huisvliegen en de *Culex pipiensook* leek resistent te zijn tegen chlordane.

Zodra nieuwe chemicaliën in gebruik werden genomen, ontwikkelde zich resistentie. Tegen het einde van 1951 waren methoxychloor, dieldrin en BHC opgenomen in de lijst met chemicaliën die niet langer effectief waren. De vliegen waren ondertussen enorm overvloedig geworden. Dezelfde cyclus van gebeurtenissen vond elders plaats. Wat er gebeurde in een Egyptisch dorp belichaamt het probleem. Insecticiden gaven een goede bestrijding van vliegen in 1950, en in hetzelfde jaar werd het kindersterftecijfer met bijna vijftig procent verlaagd. Het volgende jaar waren vliegen bestand tegen DDT en chloorlane. De vliegpopulatie keerde terug naar zijn vorige niveau; dat gold ook voor kindersterfte.

In de Verenigde Staten **was het verzet tegen DDT** onder vliegen in 1948 wijdverbreid in de Tennessee Valley. Weerstand in andere gebieden volgde. Pogingen om de controle te herstellen met dieldrin hadden weinig succes; inderdaad, op sommige plaatsen ontwikkelden de vliegen een sterke weerstand tegen deze chemische stof binnen twee maanden. Na alle beschikbare gechloreerde koolwaterstoffen te hebben doorlopen, wendden controlebureaus zich tot de organische fosfaten, maar het verhaal over resistentie werd eenvoudig herhaald. De huidige conclusie van experts is dat "huisvliegbestrijding is ontsnapt aan insecticide technieken en opnieuw moet worden gebaseerd op algemene sanitaire voorzieningen."

De eerste malariamug die resistentie tegen DDT ontwikkelde, was *Anopheles saccharovi*, in Griekenland. In 1946 werd begonnen met uitgebreid **binnensproeien**, met het gebruikelijke vroege succes; in 1949 merkten waarnemers echter dat volwassen muggen in grote aantallen onder verkeersbruggen rustten, hoewel ze afwezig waren in huizen en stallen die waren behandeld. Al snel werd deze gewoonte van buiten rusten uitgebreid tot grotten, bijgebouwen en duikers, en tot het gebladerde en de stammen van sinaasappelbomen. Blijkbaar waren de volwassen muggen voldoende tolerant geworden voor DDT om uit bespoten gebouwen te ontsnappen en te rusten en zich in de open lucht te herstellen. Een paar maanden later konden ze in huizen blijven en werden ze zelfs op behandelde muren gevonden. Dit was een teken van de uiterst ernstige situatie die zich nu heeft ontwikkeld.

Resistentie tegen insecticiden door muggen van de anofeleengroep is met een verbazingwekkende snelheid gestegen, gecreëerd door de zeer grondige huis-sproeiprogramma's ontworpen om malaria te elimineren. In 1956 vertoonden slechts vijf soorten van deze muggen weerstand; begin 1960 was het aantal gestegen tot achtentwintig. In West-Afrika, het Midden-Oosten, Midden-Amerika, Indonesië en Oost-Europa bevatten de resistente muggen enkele zeer gevaarlijke malariavectoren. Onder andere muggen wordt het patroon herhaald. Een tropische mug die parasieten vervoert die verantwoordelijk zijn voor ziekten als elephantiasis, is in veel delen van de wereld sterk resistent geworden. In sommige gebieden van de Verenigde Staten heeft de muggenvector van westerse paardenencefalitis, die op de mens kan worden overgedragen, weerstand ontwikkeld. Een nog ernstiger pro-

bleem betreft de vector van gele koorts, die eeuwenlang een van de grote plagen van de wereld was.

Resistente stammen van deze mug hebben plaatsgevonden in Zuidoost-Azië en zijn nu gebruikelijk in het Caribisch gebied. De gevolgen van resistentie in termen van malaria en andere ziekten worden aangegeven door rapporten uit vele landen. Een uitbraak van gele koorts in Trinidad in 1954 volgde op het niet-beheersen van de vectormug vanwege zijn weerstand. Er is een flareup geweest van malaria in Indonesië en Iran. In Griekenland, Nigeria en Liberia blijven de muggen de malaria-parasiet herbergen en overbrengen. In westerse delen van de Verenigde Staten vormt het verlies van controle over de muggenvector van encefalitis een probleem. Een vermindering van diarreeziekte die begin jaren vijftig in Georgië was bereikt door middel van vliegbestrijding, werd binnen ongeveer een jaar weggevaagd. Een daling van acute conjunctivitis in Egypte eind jaren veertig, ook bereikt door vliegbeheersing, duurde niet langer dan 1950.

Minder ernstig in termen van menselijke gezondheid, maar ergerlijk als de mens economische waarden meet, is het feit dat kwelders in Florida ook weerstand bieden. Dit zijn geen dragers van ziekten, maar hun aanwezigheid in bloeddorstige zwermen had grote delen van kustgebied Florida onbewoonbaar gemaakt totdat controle - van een ongemakkelijke en tijdelijke aard - was vastgesteld. Maar eind jaren veertig was de controle verloren. Het feit dat de gewone huismug resistentie ontwikkelt, zou veel gemeenschappen moeten pauzeren die nu regelmatig voor groothandel in sproeien zorgen. Deze soort is bestand tegen DDT en verschillende andere insecticiden in Italië, Israël, Japan, Frankrijk en delen van de Verenigde Staten, waaronder Californië, Ohio, New Jersey en Massachusetts.

De houttik, vector van gevlekte koorts, heeft recent weerstand ontwikkeld, die de bruine hondentik imiteert, wiens vermogen om aan een chemische dood te ontsnappen al geruime tijd wijd en zijd is bewezen. Dit vermogen levert problemen op voor zowel mensen als honden. De bruine hondentik is een semitropische soort, en wanneer hij in het noorden voorkomt, moet hij de winter doorkomen in verwarmde gebouwen, in plaats van buitenshuis. John C. Pallister, van het American Museum of Natural History, meldde in de zomer van 1959 dat zijn afdeling een aantal telefoontjes had gekregen van aangrenzende appartementen in Central Park West." Zo nu en dan wordt een heel appartementencomplex besmet met jonge teken, en ze zijn moeilijk te verwijderen," zei Mr. Pallister, "een hond zal teken oppikken in Central Park, en dan leggen de teken eieren en ze komen uit in het appartement. Ze lijken immuun voor DDT of chlordane of de meeste van onze moderne sprays. Vroeger was het heel ongewoon om teken te hebben in New York City, maar nu zijn ze overal hier en op Long Island, in Westchester, en verder naar Connecticut.

We hebben dit vooral in de afgelopen vijf of zes jaar opgemerkt. 'In heel Noord-Amerika is de Duitse kakkerlak resistent geworden tegen chlordane, ooit het favoriete wapen van uitroeiers, die zich nu tot organische fosfaten, zoals malathion, hebben gewend. Echter, laboratoriumresultaten over resistentie tegen deze groep insecticiden in 1960 confronteren de uitroeiers met het probleem van waar ze naartoe moeten.

Agentschappen die zich bezighouden met door vectoren overgedragen ziekten, behandelen momenteel hun problemen door over te schakelen van het ene insecticide naar het andere naarmate zich resistentie ontwikkelt. Maar dit kan niet oneindig doorgaan, ondanks de vindingrijkheid van de chemici bij het leveren van nieuwe materialen. Dr. Brown heeft erop gewezen dat we een eenrichtingsstraat reizen. Niemand weet hoe lang de straat is. Als het einde is bereikt voordat de bestrijding van ziektedragende insecten is bereikt, zal onze situatie inderdaad kritiek zijn.

De chemische industrie is misschien begrijpelijkerwijs niet bereid om het onaangename feit van

weerstand onder ogen te zien. Zelfs in 1959, toen meer dan honderd belangrijke insectensoorten een duidelijke resistentie tegen chemicaliën vertoonden, sprak een van de toonaangevende tijdschriften op het gebied van landbouwchemie over "echte of ingebeelde" insectenresistentie. Maar hopelijk verdwijnt de industrie de andere kant op, het probleem verdwijnt gewoon niet. De kosten van insectenbestrijding door middel van chemicaliën nemen gestaag toe. Ten eerste is het niet langer mogelijk om materialen ruim van tevoren op te slaan; de meest veelbelovende insecticide chemicaliën van vandaag kunnen morgen een somber mislukking zijn, en de zeer substantiële financiële investeringen die gepaard gaan met het ondersteunen en lanceren van een insecticide kunnen worden weggevaagd.

Daar zijn goede redenen voor. Van een oorspronkelijke populatie waarvan de leden sterk verschillen in structuur, fysiologie en gedrag, overleven alleen de "harde" insecten chemische aanval. Spuiten doodt de zwakkelingen. De overlevenden - de insecten begiftigd met een inherente kwaliteit die hen in staat stelt te ontsnappen aan schade - zijn de ouders van de volgende generatie, die, door eenvoudige erfenis, alle "taaiheid" van hun voorouders bezit. Hieruit volgt onvermijdelijk dat intensief spuiten met krachtige chemicaliën alleen de toestand verergert die het is ontworpen om te corrigeren. Na een paar generaties is er niet langer een gemengde populatie van sterke en zwakke insecten, maar in plaats daarvan een populatie die volledig bestaat uit taai, resistente stammen. Dr. Briejër meldt vliegen te kijken in het Pest Control Institute in Springforbi, Denemarken, "Ze worden net zo vaak thuis in DDT gedeporteerd als primitieve tovenaars die over gloeiende kolen ronddraaien." Soortgelijke rapporten zijn ontvangen uit andere delen van de wereld. In een legerkamp in Zuid-Taiwan werden bijvoorbeeld bedwantsen gevonden die daadwerkelijk deposito's DDT-poeder op hun lichaam droegen.

Toen deze bedwantsen experimenteel in een met DDT geïmpregneerde doek werden geplaatst, leefden ze zo lang als een maand en legden daar hun eieren; de resulterende jongen groeide en bloeide.

De manier waarop insecten bestand zijn tegen chemicaliën is nog niet volledig begrepen, maar men denkt dat ze waarschijnlijk variëren. Enkele van de insecten die chemische bestrijding tarten, worden verondersteld te worden geholpen door een soort anatomisch voordeel, maar er is weinig nauwkeurige informatie op dit punt. De kwaliteit van de weerstand is echter niet noodzakelijkerwijs afhankelijk van de fysieke structuur. DDT-resistente vliegen bezitten een enzym waarmee ze het insecticide kunnen ontgiften tot de niet-toxische chemische DDE. Het enzym komt alleen voor bij vliegen met een erfelijke factor voor DDT-resistentie. Er wordt aangenomen dat vliegen en andere insecten de organische fosfaatchemicaliën ontgiften met behulp van andere enzymen. Sommige gedragspatronen kunnen het insect ook buiten bereik van chemicaliën plaatsen. Veel veldwerkers in spuitcampagnes hebben de neiging opgemerkt dat resistente vliegen op horizontale oppervlakken rusten, die zelden worden behandeld, in plaats van op muren, die gewoonlijk zijn. Resistente huisvliegen kunnen de neiging van de stabiele vlieg om stil te zitten op één plaats delen, wat de frequentie van het contact van een vlieg met resten van gif sterk vermindert. Sommige malariamuggen die in hutten zijn gespoten, hebben een gewoonte die hun blootstelling aan DDT zo drastisch vermindert dat ze vrijwel immuun zijn. Geïrriteerd door de spray, verlaten ze de hutten en overleven ze buiten.

Meestal duurt het twee tot drie jaar voordat weerstand ontstaat. Af en toe zal het dit echter in slechts één seizoen doen, of zelfs minder; aan het andere uiterste kan het zes jaar duren. Het aantal generaties geproduceerd door een insectenpopulatie in een jaar is natuurlijk goed voor een groot deel van het verschil, en dit varieert met soorten en klimaat. Vliegen in Canada hebben bijvoorbeeld langzamer weerstand ontwikkeld dan vliegen in onze zuidelijke staten, waar lange, hete zomers een snelle voortplantingssnelheid prefereren.

Mensen vragen soms hoopvol: "Als insecten resistent kunnen worden tegen chemicaliën, kunnen mensen dan niet hetzelfde doen?" Theoretisch gezien wel, maar aangezien dit honderden, of zelfs duizenden jaren zou duren, biedt het vooruitzicht weinig troost om we leven allemaal nu. Weerstand is niet iets dat zich ontwikkelt in een individu. Als een persoon bij de geboorte een eigenschap bezit die hem minder vatbaar maakt dan anderen voor een bepaald gif, is de kans groter dat hij overleeft en kinderen voortbrengt. Weerstand ontwikkelt zich in een populatie pas na verloop van tijd gemeenten in meerdere of vele generaties. Menselijke populaties planten zich voort met een snelheid van ongeveer drie generaties per eeuw, maar nieuwe insectengeneraties ontstaan in een kwestie van dagen of weken.

"Het is in sommige gevallen verstandiger om een kleine hoeveelheid schade te nemen in plaats van er geen te hebben voor een deuntje, maar ervoor te betalen op de lange termijn door het verlies van de middelen zelf." Dit is het advies van Dr. Briejèr, die directeur is van de Plant Protection Service van Holland. "Praktisch advies moet zijn:" Spuit zo weinig als je kunt "in plaats van" Spuit tot het uiterste van je capaciteit. " De druk op de plaagpopulatie moet altijd zo klein mogelijk zijn. "Helaas heeft zo'n houding niet de overhand gehad in de overeenkomstige agrarische diensten van de Verenigde Staten. Het Jaarboek van het Department of Agriculture voor 1952, het enige jaarboek dat volledig is gewijd aan insecten, erkent het feit dat insecten resistent worden, maar zegt: "Meer toepassingen of grotere hoeveelheden van de insecticiden zijn dan nodig voor een adequate controle.- *Journal of Agricultural & Food Chemistry* met als gevolg dat op ten minste één insectenplaag vervolgens het laatst beschikbare nieuwe materiaal werd gebruikt.

"Het is meer dan duidelijk dat we een gevaarlijke weg afleggen", zegt Dr. Briejèr. "We moeten heel energiek onderzoek doen naar andere bestrijdingsmaatregelen, maatregelen die biologisch moeten zijn, niet chemisch. Ons doel zou moeten zijn om natuurlijke processen zo voorzichtig mogelijk in de gewenste richting te leiden in plaats van brute kracht te gebruiken. We hebben een meer gerichte oriëntatie en een dieper inzicht nodig, wat ik in veel onderzoekers mis. Het leven is een wonder dat ons bevattingvermogen te boven gaat, en we moeten het respecteren, zelfs waar we ertegen moeten strijden. Het gebruik van wapens zoals insecticiden om het te bestrijden is een bewijs van onvoldoende kennis en van een onvermogen om de processen van de natuur te leiden zodat brute kracht overbodig wordt. Nederigheid is in orde; er is hier geen excuus voor wetenschappelijke verwaandheid. "

In het afgelopen decennium hebben de meeste mensen die het best geschikt zijn om natuurlijke controles te ontwikkelen, gewerkt in de meer opwindende wijngaarden van chemische controle. In 1960 werd gemeld dat slechts twee procent van de economische entomologen van dit land - dat wil zeggen entomologen die zich bezighouden met de bestrijding van insecten - werkzaam waren op het gebied van biologische bestrijding, terwijl de resterende achtennegentig procent bezig was met onderzoek naar chemische insecticiden. Waarom bestaat deze situatie? Een belangrijke reden is dat grote chemische bedrijven geld in de universiteiten storten om onderzoek naar insecticiden te ondersteunen. Studies over biologische bestrijding zijn nooit zo goed begiftigd, om de eenvoudige reden dat ze niemand het soort fortuin beloven dat in de chemische industrie wordt verdiend. Zulke studies worden overgelaten aan staats- en federale agentschappen, waar de betaalde salarissen veel lager zijn. Een andere reden is dat veel entomologen het feit uit het oog hebben verloren het zijn geen scheikundigen noch ingenieurs maar biologen. FH Jacob, een Britse plantenpatholoog, heeft verklaard: "Door de activiteiten van veel zogenaamde economische entomologen lijkt het alsof ze werken in de overtuiging dat redding aan het einde van een sproeikop ligt dat wanneer ze problemen hebben veroorzaakt met heropleving of weerstand of toxiciteit bij zoogdieren, de chemicus klaar zal zijn met een andere pil. Dat standpunt wordt hier niet ingenomen. Uiteindelijk zal alleen de bioloog de antwoorden geven op de basisproblemen van ongediertebestrijding. "En AD Pickett,

een entomoloog in Nova Scotia, heeft geschreven: " Economische entomologen moeten zich realiseren dat ze te maken hebben met levende wezens. Hun werk moet meer zijn dan alleen testen op insecticiden of een zoektocht naar zeer destructieve chemicaliën. "

Dr. Pickett was zelf een pionier op het gebied van het bedenken van methoden voor insectenbestrijding die ten volle profiteren van de roofzuchtige en parasitaire soorten. Jaren geleden, na het werken in de appelboomgaarden van de Annapolis-vallei van Nova Scotia, toen een van de meest geconcentreerde fruitgroeiende gebieden in Canada, en het gebruik van insecticiden om de kabeljauwmot te vernietigen, alleen om het te zien wijken voor de mijt, Dr. Pickett concludeerde: "We gaan van crisis naar crisis, ruilen alleen het ene probleem voor het andere." En hij en zijn medewerkers gingen vervolgens op een nieuwe weg, in plaats van mee te gaan met die entomologen die de wil-o'-the-bleven nastreven. bosje van de steeds giftiger chemische stof. Erkennend dat ze een sterke bondgenoot in de natuur hadden, ontwikkelden ze een programma dat maximaal gebruik zou maken van natuurlijke controles en minimaal gebruik van insecticiden, en dit wordt nu gevolgd door ongeveer negentig procent van de Nova Scotiaanse fruitkwekers. Wanneer insecticiden worden toegepast, worden alleen de laagste effectieve doseringen gebruikt - nauwelijks genoeg om de plaag te bestrijden met een minimum aan schade aan nuttige soorten. Juiste timing is ook een belangrijke overweging; bijvoorbeeld nicotinesulfaat aangebracht voordat de appelbloesems roze worden, spaart een van de belangrijke roofdieren, waarschijnlijk omdat het zich nog in de eifase bevindt.

Bovendien gebruikt Dr. Pickett speciale zorg om chemicaliën te selecteren die zo min mogelijk schade toebrengen aan insectenparasieten en roofdieren. "Wanneer we het punt bereiken waarop we DDT, parathion, chlordane en andere nieuwe insecticiden gebruiken als routinematige controlemaatregelen, hebben we op dezelfde manier de anorganische chemicaliën in het verleden gebruikt, entomologen die geïnteresseerd zijn in biologische bestrijding kunnen net zo goed in de spons gooien ', zegt Dr. Pickett. In plaats van deze zeer giftige, breedspectruminsecticiden, vertrouwt hij vooral op ryania (afgeleid van de stengels van een tropische plant), nicotinesulfaat en loodarsenaat. In bepaalde situaties worden zeer zwakke concentraties DDT of malathion gebruikt (één of twee ons per honderd gallons, in tegenstelling tot de gebruikelijke één of twee pond per honderd gallons). Hoewel deze het minst giftig zijn voor de moderne insecticiden, hoopt Dr. Pickett door verder onderzoek meer selectieve substituten te vinden voor beide, en ook voor het leidende arsenaat. Hoe heeft dit programma gewerkt? Nova Scotia-boomgaardartsen die Dr. volgen Het gemodificeerde spuitprogramma van Pickett produceert een even groot aandeel eersteklas fruit als degenen die intensieve chemische toepassingen gebruiken. Ze krijgen ook een even goede productie. Ze krijgen deze resultaten bovendien tegen aanzienlijk lagere kosten.

De kosten voor insecticiden die in Nova Scotia-appelboomgaarden worden gebruikt, bedragen slechts tien tot twintig procent van wat voor hetzelfde doel in de meeste andere appelteeltgebieden wordt uitgegeven. En nog belangrijker dan deze uitstekende resultaten is het feit dat het gewijzigde programma dat door de Nova Scotiaanse entomologen is uitgewerkt geen geweld doet aan het evenwicht van de natuur.

Er zijn andere manieren om een redelijke beheersing van insecten te bereiken zonder de wereld te besmetten en het leven in gevaar te brengen. Er is inderdaad een werkelijk buitengewone verscheidenheid aan alternatieven voor chemische bestrijding beschikbaar. Sommige zijn al in gebruik en hebben briljante successen behaald. Anderen zijn in de fase van laboratorium- of veldtesten. Weer anderen zijn weinig meer dan ideeën in de geest van fantasierijke wetenschappers, die wachten op een kans om ze op de proef te stellen. Ze hebben dit allemaal gemeen: het zijn biologische oplossingen, gebaseerd op een begrip van de levende organismen die ze willen beheersen, en van de hele structuur van het leven waartoe deze organismen behoren. Ze erkennen dat we te maken hebben met

populaties, met al hun druk en tegendruk. Specialisten die verschillende gebieden in het uitgestrekte gebied van de biologie vertegenwoordigen – entomologen, pathologen, genetici, fysiologen, biochemici, ecologen - dragen bij, gieten hun kennis en hun creatieve inspiratie in de vorming van een nieuwe wetenschap van biotische controles. Tot nu toe zijn maar weinig mensen op de hoogte van deze ontwikkelingen en het publiek heeft nog steeds de neiging om de chemische vervuiling van het milieu als onvermijdelijk te aanvaarden. We moeten zowel overheids- als particulier onderzoek op deze nieuwe gebieden aanmoedigen en ondersteunen. Onze beste hoop om te ontsnappen aan de huidige situatie ligt in deze fantasierijke, creatieve benaderingen van het probleem van het delen van onze aarde met andere wezens.

(Opmerking: in de vertaalde versie zaten meerdere dubbele tekstdelen, vermoedelijk ook in onderstaande Engelse – oorspronkelijke – versie....)

Silent Spring-II

As man proceeds toward his announced goal of the conquest of nature, he is writing a depressing record of destruction—destruction of the earth he inhabits and destruction of the life that shares it with him. The history of recent centuries has its black passages—the slaughter of the buffalo on the Western plains, the massacre of the shore birds by the market gunners, the near extermination of the egrets for their plumage. Now to these, and others like them, we are adding a new chapter—the killing of birds, mammals, fishes, and, indeed, every form of wildlife by chemical insecticides indiscriminately sprayed on the land. Opinions on the effect of this spraying differ. On the one hand, conservationists and many wildlife biologists assert that the losses have been severe, and in some cases catastrophic. On the other hand, the insect-control specialists tend to deny that such losses have occurred, or that they are of any importance if they have. When we try to decide which view to accept, the credibility of the witness is of the first importance. The biologist on the scene is certainly well qualified to discover and interpret the loss of wildlife. The control specialist, even if he is an entomologist, is not so well qualified by training, and besides he is not psychologically disposed to look for undesirable side effects. Like the priest and the Levite in the biblical story, the control men in the state and federal governments and, of course, the chemical manufacturers—choose to pass by on the other side and to see nothing.

It is sometimes argued that the destruction of wildlife through spraying is only temporary and that the populations soon reestablish themselves. Even in the occasional situations where this has happened, an injustice has been done. The bird watcher, the suburbanite who derives joy from birds in his garden, the hunter, the fisherman, and the explorer of wild regions have been deprived of pleasure to which they have a legitimate right. Such reestablishment, however, is unlikely to occur, for spraying is ordinarily a repetitive process, and the environment becomes a trap, in which not only the resident wildlife populations succumb but those who come in as migrants as well. Now, in a decade marked by government insect-control programs in which many thousands, even millions, of acres are sprayed as a unit, a decade in which private and community spraying has also surged steadily upward, an extensive record of destruction and death of American wildlife has accumulated.

During the fall of 1959, about twenty-seven thousand acres in southeastern Michigan, including some of the suburbs of Detroit, were heavily dusted from the air with clay pellets containing one of the most poisonous of all the insecticides—a chemical called aldrin. Like the better-known DDT, aldrin is one of a group of synthetic chemicals called the chlorinated hydrocarbons, which have been in wide and growing use as pesticides since the end of the Second World War. The Michigan program was conducted by the state Department of Agriculture, with the coöperation of the United States Department of Agriculture; its announced purpose was control of the Japanese beetle. This beetle was first discovered in New Jersey in 1916, when a few shiny insects of a metallic-green color were seen in a nursery near Riverton. The beetles, at first unrecognized, were finally identified as a common inhabitant of the main islands of Japan. Apparently, they had entered the United States on nursery stock imported before 1912—the year when restrictions were established on such imports. From its original point of entrance, the Japanese beetle has spread rather widely through many of the states east of the Mississippi, where conditions of temperature and rainfall are suitable for it, and some outward movement beyond the existing boundaries of its distribution usually takes place each year. For a time, it was a troublesome destroyer of crops and ornamental plants, but then, in many of

the eastern areas, ways were devised to keep its populations at relatively low levels—without large-scale spraying. Yet despite this record of reasonable control in eastern areas, the Midwestern states have launched an attack worthy of the most deadly enemy upon an only moderately destructive insect. At the time of the Michigan spraying, Walter P. Nickell, one of the best-known and best-informed naturalists in the state, declared, “For more than thirty years, to my direct knowledge, the Japanese beetle has been present in the city of Detroit in small numbers. The numbers have not shown any appreciable increase in all this lapse of years. I have not yet been able to obtain any information whatsoever to the effect that they have increased in numbers.” An official release by the state agency merely declared that the beetle had “put in its appearance,” and the program was launched, with the state providing some of the manpower and supervising the operation, the federal government providing equipment and additional men, and the communities paying for the insecticide.

The Michigan spraying was one of the first large-scale attacks on the Japanese beetle from the air. The choice of aldrin was not arrived at by any inquiry into its suitability for Japanese-beetle control but simply by the wish to save money; aldrin was cheaper than the other poisons considered. While the state acknowledged in an official release to the press that aldrin is a “poison,” it implied that no harm could come to human beings, and the official answer to the query “What precautions should I take?” was “For you, none.” An official of the Detroit Department of Parks and Recreation was quoted in the press as saying that the dust was “harmless to humans and will not hurt plants or pets,” and the Federal Aviation Agency’s safety officer for the area was quoted as saying, “This is a safe operation.” One must assume that none of these officials had consulted the published and readily available reports of the Public Health Service or the Fish and Wildlife Service, or any of the other evidence of the extremely poisonous nature of aldrin.

Acting under the Michigan Insect Pest and Plant Disease Act, which allows the state to spray and dust indiscriminately without gaining the permission of individual landowners or even notifying them, the planes began to fly over the Detroit area, at extremely low altitudes. The city authorities and the Federal Aviation Agency were immediately besieged by calls from worried citizens. After receiving nearly eight hundred calls in a single hour, the police begged radio and television stations and newspapers, in the words of the *Detroit News*, to “tell the watchers what they were seeing and advise them it was safe.” The Federal Aviation Agency assured the public that “the planes are carefully supervised” and “authorized to fly low.” As the planes went about their work, the pellets of aldrin and clay fell on beetles and human beings alike. The granules looked like snow, and housewives swept them from porches and sidewalks. A few days after the spraying, the Detroit Audubon Society began receiving calls about the birds. The Society’s secretary, Mrs. Ann Boyes, has noted, “The first indication that the people were concerned about the spray was a call I received on Sunday morning from a woman who reported that coming home from church she saw an alarming number of dead and dying birds. The spraying there had been done on Thursday. She said there were no birds at all flying in the area she had found at least a dozen [dead] in her back yard.” Birds picked up in a dying condition showed the typical symptoms of insecticide poisoning—trembling, loss of the ability to fly, paralysis, and convulsions. Nor were birds the only form of life immediately affected. A local veterinarian reported that his office was full of clients with dogs and cats. The cats, so meticulous about grooming their coats and licking their paws, seemed to be the more seriously affected. Their illness took the form of severe diarrhea, vomiting, and convulsions. The only advice the veterinarian could give his clients was not to let the animals out unnecessarily, and to wash their paws as soon as possible if they did go out. But it has been demonstrated that aldrin, like the other chlorinated hydrocarbons, cannot be washed away, so little protection could be expected from this measure. The City-County Health Commissioner insisted that the birds must have been killed by “some other kind of spraying,” and when an outbreak of human throat and chest irritations occurred after the dusting, he declared that it must have been due to “something else.” Nevertheless, the local He-

alth Department received many complaints, and a prominent Detroit internist was called upon to treat four of his patients within an hour after they had stood outdoors watching the planes at work. All four had similar symptoms: nausea, vomiting, chills, fever, extreme fatigue, and coughing.

The Detroit experience has been repeated in many other communities trying to combat the Japanese beetle with chemicals. Perhaps no community has suffered more for the sake of a beetleless world than Sheldon, in eastern Illinois, and adjacent areas of Iroquois County, in which Sheldon is situated. In 1954, the United States Department of Agriculture and the Illinois Department of Agriculture began a program to eradicate the Japanese beetle along the line of its advance into Illinois, holding out the hope—indeed, the assurance—that intensive spraying would destroy the invading beetle population. The first “eradication” took place in the spring of that year, when dieldrin—a chemical closely related to aldrin—was sprayed on fourteen hundred acres. Twenty-six hundred additional acres were similarly treated in 1955, and the task was presumed complete. But more and more chemical treatments were called for, and by the end of 1961 some hundred and thirty-one thousand acres had been covered. Even in the first years of the program, it was apparent that heavy losses were occurring among wildlife and domestic animals, yet neither the United States Fish and Wildlife Service nor the Illinois Game Management Division appears to have been consulted about the matter. (In the spring of 1960, officials of the Department of Agriculture appeared before a congressional committee in opposition to a bill that would require just such prior consultation. They declared that the bill was unnecessary, because coöperation and consultation were “usual.” These officials were quite unable to recall situations where coöperation had not taken place “at the Washington level.” In the same hearings, they clearly stated that they were unwilling to consult with state fish and game departments.) Although funds for chemical control came in never-ending streams, the biologists of the Illinois Natural History Survey, in Urbana, who attempted to measure the damage to wildlife, had to operate on a financial shoestring. A mere eleven hundred dollars was available for the employment of a field assistant in 1954, and no special funds were provided in 1955. Nevertheless, the biologists assembled facts that collectively paint a picture of almost unparalleled wildlife destruction. Conditions were made to order for poisoning insect-eating birds, with regard to both the poisons used and the events set in motion by their application. In the early programs at Sheldon, dieldrin was used at the rate of three pounds to the acre. In laboratory experiments on quail, it has proved to be about fifty times as poisonous as DDT, which is popularly considered safe in the ratio of one pound to an acre. The poison spread over the landscape at Sheldon was therefore roughly equivalent to a hundred and fifty pounds of DDT per acre. As dieldrin penetrated the soil, the poisoned beetle grubs crawled out on the surface of the ground, where they attracted insectivorous birds. Dead and dying insects of various species were conspicuous for about two weeks after the treatment. The effect on the bird populations could easily have been foretold. Brown thrashers, starlings, meadowlarks, grackles, and pheasants were virtually annihilated, and so were robins. Dead earthworms had been seen in numbers after a gentle rain; probably the robins had fed on them. For other birds, too, the once beneficial rain had been changed into an agent of destruction. Birds that sought out puddles left by rain a few days after the spraying were doomed, whether they drank the water or merely bathed in it. The birds that survived may have been rendered sterile. Although some nests were later found in the treated area, a few of them with eggs, none ever contained young birds.

Ground squirrels were almost wiped out in the Sheldon region; their bodies were found in attitudes characteristic of violent death by poisoning. The fox squirrel had been a relatively common animal in the town; after the spraying, it was gone. Dead muskrats and dead rabbits were found. And it was a rare farm in the Sheldon region that was blessed by the presence of a cat after the war on beetles was begun. Ninety per cent of all the farm cats fell victims to the dieldrin during the first season of spraying. Cats are extremely sensitive to all insecticides, and especially, it seems, to dieldrin. In west Java, in the course of an anti-malarial program carried out by the World Health Organization,

many cats were reported to have died. In central Java, so many died that the price of a cat more than doubled. Livestock, too, were affected in Sheldon. The Natural History Survey report describes one episode as follows: "The sheep were driven into a small, untreated bluegrass pasture across a gravel road from a field which had been treated with dieldrin spray on May 6. Evidently some spray had drifted across the road into the pasture, for the sheep began to show symptoms of intoxication almost at once. They lost interest in food and displayed extreme restlessness, following the pasture fence around and around apparently searching for a way out. [They] refused to be driven, bleated almost continuously, and stood with their heads lowered; they were finally carried from the pasture. They displayed great desire for water. Two of the sheep were found dead in the stream passing through the pasture, and the remaining sheep were repeatedly driven out of the stream, several having to be dragged forcibly from the water."

In spite of the havoc that had been wrought in the name of Japanese-beetle eradication, the treatment of more than a hundred thousand acres in Iroquois County over an eight-year period seems to have resulted in an only temporary suppression of the insect, which is still making its way westward. If the communities that have endured chemical drenchings had been familiar with the earlier history of the Japanese beetle in the United States, they would surely have been less acquiescent. The Eastern states, which had the good fortune to face their beetle invasion in the days before DDT, aldrin, and the other synthetic insecticides were invented, have brought the insect under reasonable control, chiefly by means that represented no threat whatever to other forms of life. During the first dozen years after its entry into the United States, the beetle increased rapidly numbers, free of the restraints that had held it in check in its native land. By 1955, however, it had become a pest of only minor importance throughout much of the territory over which it had spread. Between 1920 and 1933, as result of diligent searching in the Orient, some thirty-four species of insects hostile to the beetle—either predatory or parasitic—were imported into the United States. Of these, five have become well established in the East. The most effective and widely distributed is a parasitic wasp, *Tiphia vernalis*, from Korea and China. The female tiphia, finding a beetle grub in the soil, injects it with a paralyzing fluid and attaches a single egg to its under-surface. The young wasp, hatching as a larva, feeds on the paralyzed grub and destroys it. In the course of some twenty-five years, colonies of tiphia were introduced into fourteen Eastern states in a coöperative program involving state and federal agencies. An even more important role than that of the imported insects has been played by a bacterial disease that affects beetles of the family to which the Japanese beetle belongs—the scarabaeids. The bacterium involved, *Bacillus popilliae*, attacks no other type of insect, and is harmless to earthworms, warm-blooded animals, and plants. The spores of the disease occur in soil. When a foraging beetle grub ingests them, they develop into bacteria that multiply prodigiously in its blood, causing it to turn white. Hence the disease has acquired the popular name "milky disease." Milky disease was discovered in New Jersey in 1933. By 1938, it was rather widely prevalent in the older areas of Japanese beetle infestation. In 1939, the Department of Agriculture launched a program to speed up the spread of the disease. Infected grubs were ground up, dried, and combined with chalk; in the standard mixture a gram of this dust contained a hundred million spores. The spores remain viable in the soil for years, and therefore become to all intents and purposes permanently established; moreover, their effectiveness increases, for they are steadily being spread by natural agencies. Between 1939 and 1953, some ninety-four thousand acres in fourteen Eastern states and the District of Columbia were treated in a coöperative federal-state program. Private organizations and individuals also undertook to introduce the spores into areas of unknown but large extent. By 1945, milky disease was raging among the beetle populations of Connecticut, New York, New Jersey, Delaware, and Maryland. In some test areas, as many as ninety-four grubs out of every hundred were infected. In 1953, the government discontinued its program, but production of the dust was taken over by a private laboratory, which supplies it to individuals, garden clubs, and citizens' associations. And an extensive program of research is currently under way in the United States Department of Agriculture.

re laboratory at Peoria, Illinois, to find a means of growing the organism of milky disease in an artificial culture—a method that would greatly reduce its cost and should encourage its more extensive use. After years of work, some success has now been reported.

Why, with this impressive record in the East, was the same procedure not used in the Midwestern states? We are told that inoculation with milky disease is “too expensive,” although no one found it so in the fourteen Eastern states in the nineteen-forties. And, in any case, by what sort of accounting was it determined that the method was too expensive? Certainly not by any that assessed the true cost of the total destruction wrought by programs like the Sheldon spraying. This kind of accounting must also have ignored the fact that inoculation with the spores need be done only once; the first cost is the only cost. We are told, further, that milky disease cannot be used on the periphery of the beetle’s range, because it can be established only where a large grub population is already present in the soil. Like many other statements in support of spraying, this one needs to be questioned. The bacterium that causes milky disease has been found to infect at least forty other species of beetles, which, collectively, have quite a wide distribution, and these would in all probability serve to establish the disease even where the Japanese-beetle population is very small, or nonexistent. Moreover, the long viability of the spores in soil insures the practicability of introducing them in the complete absence of grubs—that is, on the fringes of the present beetle infestation—for they can simply await the advancing population.

Those who want immediate results, at whatever cost, will doubtless continue to use chemicals against the beetle. So will those who favor the modern principle of built-in obsolescence, for chemical control demands frequent and costly repetition. On the other hand, those who are willing to wait a season or two in order to obtain really lasting results will turn to milky disease; they will be rewarded with a form of control that becomes more, rather than less, effective with the passage of time.

Over increasingly large areas of the United States, spring now comes unheralded by the return of the birds, and the early mornings, once filled with the beauty of bird song, are strangely silent. This sudden silencing of the song of the birds, this obliteration of the color and beauty and interest they lend to our world, has come about swiftly and insidiously, and has gone unnoticed by those whose communities are as yet unaffected. From the town of Hinsdale, in northeastern Illinois, in 1958, a housewife wrote in despair to one of the world’s leading ornithologists, Robert Cushman Murphy, Lamont Curator Emeritus of Birds at the American Museum of Natural History: “Here in our village the elm trees have been sprayed for several years. When we moved here six years ago, there was a wealth of bird life; I put up a feeder and had a steady stream of cardinals, chickadees, downies, and nuthatches all winter, and the cardinals and chickadees brought their young ones in the summer. After several years of DDT spray, the town is almost devoid of robins and starlings; chickadees have not been on my shelf for two years, and this year the cardinals are gone, too; the nesting population in the neighborhood seems to consist of one dove pair and perhaps one catbird family. It is hard to explain to the children that the birds have been killed off, when they have learned in school that a federal law protects the birds from killing or capture. ‘Will they ever come back?’ they ask, and I do not have the answer.”

One story might serve as a tragic symbol of the fate of the birds—a fate that has already overtaken some species and threatens all. It is the story of the robin, the bird known to everyone. To millions of Americans, the season’s first robin means that the grip of winter is broken. Its coming is an event reported in newspapers and described eagerly at the breakfast table. And as the number of arrivals grows and the first mists of green appear in the woodlands, thousands of people listen for the dawn chorus of the robins, throbbing in the early-morning light. But now all is changed, and not even the

return of the birds may be taken for granted.

The fate of the robin, and indeed of many other species as well, seems linked with that of the American elm, a tree that is part of the history of thousands of towns within its native range, from the Atlantic to the Rockies, gracing their streets, their village squares, and their college campuses with majestic archways of green. Today, the elms are subject to a disease that afflicts them throughout their range—a disease so serious that many experts believe all efforts to save the elms will in the end be futile. The so-called Dutch elm disease entered the United States from Europe in 1930, in elm-burl logs imported for the veneer industry. It is a fungus disease; the organism invades the water-conducting vessels of the tree, spreads by spores carried in the flow of sap, and, by mechanical clogging and also by poisons it secretes, causes the branches to wilt and the tree to die. The disease is spread from diseased trees to healthy ones by elm-bark beetles. The insects tunnel out galleries under the bark, and these become a favorable habitat for the invading fungus. As the insects move through the galleries, they pick up the spores, and later carry them wherever they fly. Efforts to control the disease have concentrated on achieving control of the carrier insect, and in community after community, especially throughout the strongholds of the American elm, the Middle West and New England, intensive spraying with DDT has become a routine procedure.

What this spraying could mean to bird life, and especially to the robin, was first made clear by the work of two ornithologists at Michigan State University, Professor George Wallace and one of his graduate students, John Mehner. In 1954, when Mr. Mehner began work toward his doctorate, he chose a research project that had to do with robin populations. This came about entirely by chance, for at that time no one suspected that the robins were in danger. But even as he undertook the work, events occurred that were to change its character—and, indeed, to deprive him of his material. Spraying for Dutch elm disease began in a small way on the university campus that very year. In 1955, the city of East Lansing, where the university is situated, joined in; spraying on the campus was expanded; and, with local programs for control of the gypsy moth and the mosquito also under way, the chemical rain increased to a down pour. In 1954, the year of the first, light spraying, all seemed to be well. The following spring, the migrating robins returned to the campus as usual. Like the bluebells in H. M. Tomlinson's haunting essay "The Lost Wood," they were "expecting no evil" as they reoccupied their familiar territory. But soon it became evident that something was wrong. Dead and dying robins began to appear on the campus. Few birds were seen engaging in their normal foraging activities or assembling in their customary roosts. Few nests were built; few young appeared. The pattern was repeated with monotonous regularity in succeeding springs. In the sprayed area, each wave of migrating robins would be eliminated in about a week. Then new arrivals would come in, only to add to the numbers of birds seen on the campus in the agonized tremors that precede death. "The campus is serving as a graveyard for most of the robins that attempt to take up residence in the spring," Dr. Wallace noted. But why? At first, he suspected some disease of the nervous system, but soon it became evident that "in spite of the assurances of the insecticide people that their sprays were 'harmless to birds,' the robins were really dying of insecticidal poisoning; they invariably exhibited the well-known symptoms of loss of balance, followed by tremors, convulsions, and death." Several circumstances suggested that the robins were being poisoned not so much by direct contact with the insecticides as indirectly, by eating poisoned earthworms. Campus earthworms had been fed to crayfish in a research project, and all the crayfish had quickly died. A snake kept in a laboratory cage had gone into violent tremors after being fed such worms. And earthworms are the principal food of robins in the spring.

A key piece in the jigsaw puzzle of the doomed robins was presently supplied by Dr. Roy Barker, of the Illinois Natural History Survey. Dr. Barker's work, published in 1958, traced the intricate cycle of events by which the robins' fate is linked to the elm trees by way of the earthworms. The trees

are sprayed in the spring or early summer and often again a few months later. Powerful sprayers direct a stream of poison toward all parts of the tallest trees, killing directly not only the target organism—the bark beetle—but other insects, including pollinating species and predatory spiders and beetles. The poison forms a tenacious film on the leaves and bark. Rains do not wash it away. In the autumn, the leaves fall to the ground, accumulate in sodden layers, and begin the slow process of becoming one with the soil. In this they are aided by the toil of the earthworms, which feed in the leaf litter, for elm leaves are among their favorite foods. In feeding on the leaves, the worms, of course, also swallow the insecticide. Dr. Barker found deposits of DDT throughout the digestive tracts of the worms, and in their blood vessels, nerves, and body wall. Undoubtedly some of the earthworms themselves succumb, but those that survive become “biological magnifiers” of the poison—that is, the concentration of insecticide builds up in their bodies. Then, in the spring, the robins return. As few as eleven large earthworms can transfer a lethal dose of DDT to a robin. And eleven worms form a small part of a robin’s daily ration; in fact, a robin may easily eat eleven earthworms in as many minutes.

Not all robins receive a lethal dose, but another consequence of poisoning may lead as surely to the extinction of their kind. The shadow of sterility lies over all the bird studies—and, indeed, lengthens to include all living things. There are now only two or three dozen robins to be found each spring on the entire hundred-and-eighty-five-acre campus of Michigan State University, compared with a conservatively estimated three hundred and seventy adults before spraying. In 1954, every robin nest under observation by Mehner produced young. In 1957, Mehner could find only one young robin. Part of this failure to produce young is due, of course, to the death of one or both of a pair of robins before the nesting cycle is completed. But Dr. Wallace has significant records that point toward something more sinister—the actual destruction of the birds’ ability to reproduce. He has, for example, “records of robins and other birds building nests but laying no eggs, and others laying eggs and incubating them but not hatching them.” In 1960, he told a congressional committee that was holding hearings on a bill for better coordination of spraying programs, “We have one record of a robin that sat on its eggs faithfully for twenty-one days and they did not hatch. The normal incubation period is thirteen days. Our analyses are showing high concentrations of DDT in the testes and ovaries of breeding birds.”

The robins are only one element in the complex pattern of devastation arising from the spraying of the elms, even as the elm program is only one of the multitudinous spray programs that spread poison over our land. Heavy mortality has occurred among about ninety species of birds, including those most familiar to amateur naturalists, and in some of the sprayed towns the populations of nesting birds in general have declined as much as ninety per cent. All the various types of birds are affected—ground feeders, treetop feeders, bark feeders, predators. Among them is the woodcock, which includes earthworms in its diet and which winters in southern areas that have recently been heavily sprayed with chemicals. Two significant discoveries have now been made about the woodcock. The numbers of young birds in New Brunswick, where many woodcocks breed, have definitely been reduced, and adult birds that have been analyzed contain heavy residues of both DDT and a chlorinated hydrocarbon called heptachlor. Already there are disturbing records of mortality among more than twenty other species of ground-feeding birds, including three of the thrushes whose songs are among the most exquisite of bird voices, the olive-backed, the wood, and the hermit. And the sparrows that flit through the shrubby understory of the woodlands and forage with rustling sounds amid the fallen leaves—the song sparrow and the whitethroat—have also been found among the victims of the sprays.

All the treetop feeders—the birds that glean their insect food from the leaves—have disappeared from heavily sprayed areas, including those woodland sprites the kinglets, both ruby-crowned and

golden-crowned; the tiny gnatcatchers; and many of the warblers, whose migrating hordes flow through the trees in spring in a multicolored tide of life. In Whitefish Bay, Wisconsin, in the years before 1958, at least a thousand myrtle warblers could be seen in migration; after the spraying of the elms in that year, observers could find only two. So, with additions from other communities, the list grows, and the warblers killed by the spray include those that most charm and fascinate all who are aware of them: the black-and-white, the yellow, the magnolia, and the Cape May; the ovenbird, whose call throbs in the Maytime woods; the Blackburnian, whose wings are touched with flame; the chestnut-sided, the Canada, and the black-throated green. These treetop feeders are affected either directly, by the eating of poisoned insects, or indirectly, by a shortage of food.

The loss of food has also struck hard at the swallows, which cruise the skies straining out the aerial insects as herring strain out the plankton of the sea. A Wisconsin naturalist has reported, "Swallows have been hard hit. Everyone complains of how few they have compared to four or five years ago. Our sky overhead was full of them only four years ago. Now we seldom see any. This could be both lack of insects because of spray, or poisoned insects." Of other birds this observer wrote, "Another striking loss is the phoebe. Flycatchers are scarce everywhere, but the early common phoebe is no more. I've seen one this spring and only one last spring. Other birders in Wisconsin make the same complaint. I have had five or six pair of cardinals in the past, none now. Wrens, robins, catbirds, and screech owls have nested each year in our garden. There are none now. Summer mornings are without bird song. Only pest birds, pigeons, starlings, and English sparrows remain."

The sprays applied to the elms in the fall, sending the poison into every little crevice in the bark, are probably responsible for severe reductions observed in the numbers of bark feeders—chickadees, nuthatches, titmice, woodpeckers, and brown creepers. During the winter of 1957-58, Dr. Wallace for the first time in many years saw no chickadees or nuthatches at his home feeding station. Three nuthatches that he came upon later provided a sorry little step-by-step lesson in cause and effect: one was feeding on an elm, another was found dying, and the third was dead. The loss of all these birds is deplorable for economic reasons as well as for less tangible ones. The summer food of the white-breasted nuthatch and the brown creeper, for example, includes the eggs, larvae, and adults of a very large number of insect species injurious to trees. About three-quarters of the food of the chickadee is animal, including all stages of the life cycle of many insects. The chickadee's method of feeding is described in Arthur Cleveland Bent's "Life Histories of North American Jays, Crows, and Titmice": "As the flock moves along, each bird examines minutely bark, twigs, and branches, searching for tiny bits of food (spiders' eggs, cocoons, or other dormant insect life)." Various scientific studies have established the critical role of birds in insect control in a variety of situations. Thus, woodpeckers are the primary factor in the control of the Engelmann spruce beetle, reducing its populations by a minimum of forty-five per cent and a maximum of ninety-eight per cent, and are also important in the control of the codling moth in apple orchards. Chickadees and other winter-resident birds can protect orchards against the cankerworm. But what happens in nature is not allowed to happen in the modern, chemical-drenched world, where spraying destroys not only the insects but their principal enemy, the birds. When, as almost always happens, there is a resurgence of the insect population, the birds are not there to keep their numbers in check.

To the public, the choice may easily appear to be one of stark simplicity: Shall we have birds or shall we have elms? But it is not as simple as that, and, by one of the ironies that abound throughout the field of chemical control, we may very well end by having neither. Spraying is killing the birds but is not saving the elms. The theory that the survival of the elms lies in spraying is a dangerous illusion, leading one community after another into a morass of heavy expenditures without producing lasting results. Greenwich, Connecticut, sprayed regularly for ten years. Then a drought year brought conditions especially favorable to the beetle, and the mortality of elms went up a thousand

per cent. In Toledo, Ohio, a similar experience caused the city's Superintendent of Forestry, Joseph A. Sweeney, to take a realistic look at the results of spraying. Spraying of elms was begun there in 1953 and continued through 1959. Meanwhile, however, Mr. Sweeney had noticed that a citywide infestation of the cottony maple scale was worse after the spraying recommended by "the books and the authorities" than it had been before. He decided to review for himself the results of spraying for Dutch elm disease. His findings shocked him. In the city of Toledo, he found, "the only areas under any control were the areas where we used some promptness in removing the diseased or brood trees. Where we depended on spraying, the disease was out of control. In the county, where nothing has been done, the disease has not spread as fast as it has in the city. This indicates that spraying destroys any natural enemies. We are abandoning spraying for the Dutch elm disease. This has brought me into conflict with the people who back any recommendations by the United States Department of Agriculture, but I have the facts and will stick with them."

It is difficult to understand why Midwestern towns have so unquestioningly embarked on ambitious and expensive spraying programs, apparently without inquiring into the experience of other areas, which have had a longer acquaintance with the problem. New York State has almost certainly had the longest history of continuous experience with Dutch elm disease of any state in the Union, for, according to the best evidence, it was via the Port of New York that diseased elm wood first entered the United States, about 1930. And New York State today has probably the most impressive record of containing and suppressing the disease. It has not relied on spraying, however; in fact, its agricultural extension service does not recommend spraying as a community method of control. How, then, has New York achieved its fine record? From the early years of the battle for the elms to the present time, it has insisted upon rigorous sanitation; that is, the prompt removal and destruction of all diseased or infected wood. In the beginning, the results were sometimes disappointing, but this was because it was not at first understood that not only diseased trees but all elm wood in which the beetles might breed must be destroyed. Infected elm wood cut and stored for firewood, for example, will release a crop of fungus-carrying beetles in the spring, unless it is burned before then. It is the adult beetles, emerging from hibernation to feed in late April and May, that transmit Dutch elm disease. And as facts like these became understood, the results became good. By 1950, the incidence of Dutch elm disease in New York City had been restricted to two-tenths of one per cent of the city's fifty-five thousand elms. A sanitation program was launched in Westchester County in 1942. During the next fourteen years, the average annual loss of elms was only two-tenths of one per cent. Buffalo, with a hundred and eighty-five thousand elms has an excellent record of containing the disease by sanitation, with recent losses amounting to only three-tenths of one per cent a year. At this rate of loss, it would take about three hundred years to eliminate Buffalo's elms, even if none were replaced. What has happened in Syracuse is especially impressive. Until 1957, no effective program was in operation there, and between 1951 and 1956 the city lost nearly three thousand elms. Then, under the direction of Howard C. Miller, of the State University College of Forestry, an intensive drive was launched to remove all diseased elm trees and all possible sources of beetle-breeding elm wood. The rate of loss is now well below one per cent a year. The economy of the sanitation method is stressed by New York experts in the control of Dutch elm disease. "In most cases the actual expense is small compared with the probable saving," J. G. Matthyse, of the New York State College of Agriculture, has said. "If it is a case of a dead or broken limb, the limb would have to be removed eventually, as a precaution against possible property damage or personal injury. If it is a fuel-wood pile, the wood can be used before spring. In the case of dying or dead elm trees, the expense of prompt removal to prevent the spread of Dutch elm disease is usually no greater than would be necessary later, for most dead trees in urban regions must be removed eventually."

The situation with regard to Dutch elm disease is therefore not entirely hopeless. Once it has become established in a community, to be sure, it cannot be eradicated by any means now known, but it

can be contained within reasonable bounds by sanitation. Other possibilities lie within the field of forest genetics, where experiments offer some hope that a hybrid elm resistant to Dutch elm disease can be developed. The European elm is highly resistant, and many such elms have been planted in Washington, D.C. During a period when a large percentage of the city's elms were infected with Dutch elm disease, no cases of the disease were found among these trees. Replanting, through an immediate tree-nursery and forestry program, is being urged on communities that are losing large numbers of elms. This is important, and while such programs might well include the resistant European elm, they should aim at a variety of species, so that no future epidemic can deprive a community of its trees. The key to a healthy plant or animal community lies in what the British ecologist Charles Elton calls "the conservation of variety." What is happening now is in large part a result of the biological unsophistication of past generations. Even one generation ago, no one knew that to fill vast areas with a single species of tree was to invite disaster. And so whole towns lined their streets and dotted their parks with elms. Today, in consequence, the elms die and so do the birds.

In the spraying of the elms, the birds are the incidental victims of an attack directed at an insect, but in other situations they are now becoming a direct target of poisons. There is a growing trend toward aerial applications of deadly poisons, like parathion, a member of the family of organic-phosphate insecticides, for the purpose of "controlling" concentrations of birds distasteful to farmers. The Fish and Wildlife Service has expressed serious concern over this trend, pointing out that "parathion-treated areas constitute a potential hazard to humans, domestic animals, and wildlife." In southern Indiana, for example, a group of farmers joined forces in the summer of 1959 to engage a spray plane to treat an area of river-bottom land with parathion. The area was a favored roosting site of thousands of blackbirds, which were feeding in nearby cornfields. The problem could have been solved easily by a slight change in agricultural practice—a shift to a variety of corn with deep-set ears, inaccessible to the birds—but the farmers had been persuaded of the merits of killing by poison, and so they sent in the plane. The results probably gratified them, for the casualty list included some sixty-five thousand red-winged blackbirds and starlings. The question of other wildlife deaths that may have occurred was not considered. Parathion is not a specific for blackbirds; it is a universal killer. But such rabbits or raccoons or opossums as roamed those bottom lands, and perhaps never visited the farmers' cornfields, were doomed by a judge and jury who neither knew nor cared about their existence. And what of human beings? In orchards sprayed with this same parathion, workers handling foliage that had been treated a month earlier have collapsed and gone into shock, escaping severe injury only by a small margin, thanks to skilled medical attention. Does Indiana still raise boys who roam the woods and fields, and might even explore the margins of a river? If so, who guarded the poisoned area to keep out any boys who might wander in? Who kept watch to tell the innocent stroller that the fields he was about to enter were deadly, their vegetation coated with a lethal film? No one. Yet it was at so fearful a risk that the farmers waged their war on blackbirds.

Over the last decade or so, our attitude toward poisons has undergone a subtle change. Once, they were kept in containers marked with skull and crossbones; on the infrequent occasions of their use, the utmost care was taken that they should come in contact with the target and with nothing else. Then, with the development of the new insecticides during the Second World War and the abundance of surplus planes after it was over, all this was forgotten by the great majority. Not only the target insect but anything—human or non-human—within range of the chemical fallout may know the touch of poison. In the circumstances, it is not surprising that a good many people now have misgivings about the aerial distribution of lethal chemicals over millions of acres. Two mass-spraying campaigns undertaken in the late nineteen-fifties have done much to strengthen these doubts—one against the gypsy moth in the Northeastern states and the other against the fire ant in the South. Neither is a native insect, but both had been in this country for many years without creating a situation that called for desperate measures.

The gypsy moth, a native of Eurasia, became established in the United States nearly a hundred years ago. In 1869, a French scientist, Léopold Trouvelot, accidentally allowed a few of these moths to escape from a laboratory in Medford, Massachusetts, where he was attempting to cross them with silkworms. Little by little, the gypsy moth has since spread throughout New England. The primary means of its progressive spread is the wind; in the larval, or caterpillar, stage, it is extremely light and can be carried to considerable heights and over great distances. Another means is the shipment of plants carrying the egg masses, the form in which the species exists over the winter. The gypsy moth, which in its larval stage attacks the foliage of oak trees, a few other hardwoods, and some evergreens for a few weeks each spring, now occurs in all the New England states. It also occurs sporadically in New Jersey, where it was introduced in 1911 on a shipment of spruce trees from Holland, and in Pennsylvania and New York, to which it was carried by the New England hurricane of 1938, but the Adirondacks, being forested with species that are not attractive to it, have served in general as a barrier to its westward advance. However, by a method of entry that is still unknown, it has appeared in Michigan.

The task of containing the gypsy moth has been accomplished by a variety of methods, and in the ninety-odd years since its arrival on this continent the fear that it would invade the great hardwood forests of the southern Appalachians has not been justified. Between 1907 and 1931, ten parasites and predators were imported from abroad and successfully established in New England. This natural control, plus quarantine measures and local spraying, achieved what the United States Department of Agriculture, in 1955, described as “outstanding restriction of distribution and damage.” Yet only a year after the department had thus expressed its satisfaction with the state of affairs, its Plant Pest Control Division initiated a federal-state program of blanket spraying, with the announced intention of eventually “eradicating” the gypsy moth. (As successive programs have failed, the department has sometimes found it necessary to speak of second or third “eradications” of the same species in the same area.) The all-out chemical war on the gypsy moth began on an ambitious scale. In 1956, nearly a million acres were sprayed in Pennsylvania, New Jersey, Michigan, and New York. Many complaints of damage were made by people in the sprayed areas. Conservationists became disturbed as the pattern of spraying huge areas began to establish itself. When plans were announced for spraying approximately three million acres in 1957, opposition became even stronger, but state and federal officials shrugged off individual complaints as unimportant. In that year, the sprayers were paid by the gallon, rather than by the acre, and many properties were sprayed not once but several times. The area included part of Nassau County and all of Suffolk County, on Long Island, which consists chiefly of heavily populated towns and suburbs, plus some coastal areas with bordering salt marsh. As for Nassau County, it is the most densely settled county in New York outside of New York City. In what seems the height of absurdity, the “threat of infestation of the New York City metropolitan area” was cited as a justification for the program. The gypsy moth is a forest insect, and is certainly not an inhabitant of cities. Nor does it live in meadows, cultivated fields, gardens, or marshes. Nevertheless, in 1957 planes hired by the United States Department of Agriculture and the New York State Department of Agriculture and Markets impartially showered down the prescribed DDT, mixed with fuel oil. They sprayed truck gardens and dairy farms, fishponds and salt marshes. They sprayed the quarter-acre lots of suburbia, drenching a housewife as she was making a desperate effort to cover her garden before the roaring plane could reach her, and showering insecticide over children at play and commuters at railway stations. At Setauket, a fine quarter horse drank from a trough in a field that the planes had sprayed; ten hours later it was dead. Automobiles were spotted with the oily mixture; flowers and shrubs were ruined. Birds, fish, crabs, and useful insects were killed. A group of Long Island citizens led by Robert Cushman Murphy had sought a court injunction against the 1957 spraying. Denied a preliminary injunction, the citizens had to suffer the drenching with DDT, but thereafter they persisted in their efforts to obtain a permanent in-

junction. But because the act had already been performed the courts held that their petition was “moot.” The case was carried all the way to the Supreme Court, which declined to hear it. Justice William O. Douglas, in a dissenting opinion, held that “the alarms that many expert and responsible officials have raised about the perils of DDT underline the public importance of this case.” The suit brought by the Long Island citizens at least served to focus public attention on the power and inclination of the control agencies to disregard supposedly inviolate property rights of private citizens.

The contamination of milk and of farm produce that occurred in the course of the gypsy-moth spraying came as an unpleasant surprise to many people. What happened on one two-hundred-acre farm in northern Westchester was revealing. Its owner, Mrs. Thomas Waller, had specifically requested officials not to spray her property, because if the woodlands were sprayed, it would be impossible to avoid spraying the pastures as well, and the pastures supported a herd of purebred Guernsey cows. She offered to have the land checked for gypsy moths and to have any infestation destroyed by spot spraying. Although she was assured that no farms would be sprayed, her property received two direct sprayings and, in addition, was twice subjected to drifting spray. Forage samples from fields where the cows had grazed were, of course, contaminated, and milk samples taken forty-eight hours later contained DDT in the amount of fourteen parts per million. The Food and Drug Administration permits no residues of pesticides in milk, but its restrictions apply only to interstate shipments. State and county laws are seldom as strict as the federal, and as far as Mrs. Waller could determine, neither the New York State Department of Health nor the Westchester County Department of Health made any effort after the gypsy-moth spraying to prevent the sale of contaminated milk, or even to discover whether milk had been contaminated.

Truck gardeners also suffered from the gypsy-moth spraying. Some leaf crops were so burned and spotted as to be unmarketable. Others carried heavy residues. For example, peas analyzed at Cornell University’s New York State Agricultural Experiment Station contained between fourteen and twenty parts per million of DDT; the legal maximum for peas, as for most fruits and vegetables, is seven parts per million. Growers therefore had to sustain heavy losses or else find themselves in the position of selling produce that carried illegal residues. Some of them sought, and collected, damages. Beekeepers, too, were hard hit. One man, with four hundred colonies of bees, reported that a hundred per cent of the field force of bees—that is, the workers out gathering nectar and pollen for the hives—had been killed in forest areas, and that up to fifty per cent had been killed in farming areas sprayed less intensively. “It is a very distressful thing,” he wrote, “to walk into a yard in May and not hear a bee buzz.”

After the 1957 spraying, the program was abruptly and drastically curtailed, and vague statements were issued about “evaluating” previous work and testing alternative insecticides. From the three and a half million acres sprayed in 1957, the treated areas fell to half a million in 1958 and to about a hundred thousand in 1959, 1960, and 1961. Meanwhile, the Plant Pest Control officials must have found reports from Long Island disquieting. The gypsy moth had reappeared there in large numbers.

In 1957, the Department of Agriculture’s Plant Pest Control men were also busy launching an even more ambitious program in the South. In this case, too, the word “eradication” came easily from the department’s mimeograph machines, and this time it was applied to the fire ant. An insect named for its fiery sting, the fire ant seems to have entered the United States from South America by way of the port of Mobile, Alabama, where it was discovered shortly after the end of the First World War. By the late nineteen-fifties, it was to be found in most of the Southern states. During most of the forty-odd years since its arrival in the United States, the fire ant had apparently attracted little attention. The states where it was most abundant considered it a nuisance, chiefly because it built large nests or mounds, a foot or more high, which could hamper the operation of farm machinery, but

only two listed it among the twenty most important insect pests, and these placed it near the bottom of the list. With the development of chemicals of broad lethal powers, however, there came a sudden change in the official attitude toward the fire ant, and in 1957 a mighty program was announced, in which the federal government, in cooperation with the afflicted states, would ultimately treat some twenty-two and a half million acres and spend more than a hundred million dollars. As set up, the program called for a three-way sharing of expenses by the federal government, the state governments, and the local communities or landowners. In practice, the federal government has borne a disproportionately large share of the cost. "United States pesticide makers appear to have tapped a sales bonanza in the increasing numbers of broad-scale pest-elimination programs conducted by the U.S. Department of Agriculture," one trade journal cheerfully reported in 1958.

Never has any pesticide program been so thoroughly damned by practically everyone except the beneficiaries of the "sales bonanza." The fire ant was pictured by the Department of Agriculture, in press releases and motion pictures, as a serious threat to farming through the destruction of crops and as a serious threat to wildlife through attacks on the young of ground-nesting birds, and its sting was said to make it a serious menace to human health. Just how sound were these claims? The "facts" presented by the department's witnesses who were seeking appropriations do not accord with those contained in its own publications. The 1961 edition of the yearly bulletin "Insecticide Recommendations for the Control of Insects Attacking Crops and Livestock" does not so much as mention the fire ant—an extraordinary omission if the department believes its own propaganda. Moreover, according to a careful study made by the Agricultural Experiment Station in Alabama, the state that has had the most intimate experience with this insect, "damage to plants in general is rare." At about the time the spraying began, Dr. F. S. Arant, the head of the department of zoology and entomology at Auburn University, in Auburn, Alabama, stated that his department "has not received a single report of damage to plants by ants in the past five years," and that "no damage to livestock has been observed." Men who had the ants under study in the field and in the laboratory say that the fire ants feed extensively on other insects, many of them considered harmful to man's interests—fire ants have been observed picking larvae of the boll weevil off cotton—and that their mound-building activities serve a useful purpose in aerating and draining the soil. And the Alabama studies have been substantiated by investigations at Mississippi State University.

The claim that the ant is a menace to human health and life also needs considerable modification. The Department of Agriculture sponsored a movie in which horror scenes were built around the fire ant's sting. Admittedly, this is painful, and one is well advised to avoid being stung, just as one ordinarily avoids being stung by a wasp or a bee. Severe reactions may occasionally occur in sensitive individuals, and medical literature records one death possibly, but not definitely, attributable to fire-ant venom. In contrast to this, the Office of Vital Statistics records thirty-three deaths in the United States in 1959 alone from the sting of bees and wasps. Yet no one seems to have proposed "eradicating" these insects. Again, local evidence is convincing. The Alabama State Health Officer declares that "there has never been recorded in Alabama a human death resulting from the bites of imported fire ants," and that he considers the medical cases resulting from the bites of fire ants "incidental." Mounds on lawns or playgrounds may create a situation in which children are likely to be stung, but such a situation can easily be handled by treatment of the individual mounds.

The Department of Agriculture also alleged that fire ants damage game birds. A man who is unquestionably well qualified to speak on this issue is the leader of the Wildlife Research Unit at Auburn, Dr. Maurice F. Baker, who has had many years' experience in the area. Dr. Baker's opinion is in direct conflict with the claims of the Agriculture Department. He declares, "In the almost forty years that south Alabama has had the fire ant, game populations have shown a steady and very substantial increase. Certainly, if the imported fire ant were a serious menace to wildlife, these conditions could

not exist.”

What would happen to wildlife as a result of the insecticide used against the ants was another matter. The chemicals to be used, dieldrin and heptachlor, were both relatively new, and no one knew what their effects would be. It was known, however, from tests on various birds, that each of the poisons was from four to fifty times as toxic as DDT, which had killed some birds and many fish even at a concentration of one pound per acre. But the dosage of dieldrin and heptachlor was heavier—two pounds to the acre under most conditions. The effect to be expected, therefore, would be that of from eight to a hundred pounds of DDT to the acre. Although local agricultural agencies and farmers supported the program, the conservation departments of most of the states concerned, national conservation agencies, and individual ecologists and entomologists called upon the then Secretary of Agriculture, Ezra Taft Benson, to delay action at least until some research had been done to determine the effects of heptachlor and dieldrin on wild and domestic animals and to establish the minimum amount that would control the ants. The protests were ignored and the program was launched in 1958, with the spraying of a million acres. It was clear that any research would be in the nature of a post-mortem.

Before long, the facts began to accumulate. In Hardin County, Texas, for example, opossums, armadillos, and an abundant raccoon population virtually disappeared. Even by the second autumn after treatment, these animals were scarce. The few raccoons then found in the area carried residues of the chemicals in their tissues. The only species of bird surviving in any numbers was the house sparrow, which in other areas, too, has given some evidence that it may be relatively immune. In Alabama, biologists of the Wildlife Research Unit conducted a preliminary census of the quail population in a thirty-six-hundred-acre area that was scheduled for treatment. Thirteen resident coveys—a hundred and twenty-one quail—ranged over the area. Two weeks after treatment, only dead quail could be found. And so it went, with variations in the statistics of death, all over the sprayed areas.

One of the most widely known and respected wildlife biologists in the country, Dr. Clarence Cottam, the director of the Welder Wildlife Foundation, at Sinton, Texas, called on some of the Alabama farmers whose property had been treated. Besides remarking that “all the little tree birds” seemed to have disappeared, most of these people reported losses of livestock, poultry, and household pets. One man was “irate against the control workers,” Dr. Cottam reported, “as he said he burned or otherwise disposed of nineteen carcasses of his cows that had been killed by the poison.” And Dr. Cottam added, “Calves died that had been given only milk since birth.” One woman told him she had set several hens after the surrounding land had been treated, “and for reasons she did not understand very few young were hatched or survived.” Another farmer “raises hogs and for fully nine months after the broadcast of poisons, he could raise no young pigs,” Dr. Cottam noted, adding, “The litters were born dead or they died after birth.”

The Department of Agriculture has consistently brushed aside all evidence of damage to livestock, poultry, pets, and wildlife. Yet when specimens of dead birds from the sprayed areas were sent to the Fish and Wildlife Service for analysis, a great majority of them were found to contain residues of the poisons. And a veterinarian in Bainbridge, Georgia, Dr. Otis L. Poitevint, who was called on to treat many affected animals, has summarized his reasons for attributing the deaths to the insecticide as follows: Within a period ranging from two weeks to several months after the fire-ant poison was applied, cattle, goats, horses, and chickens, as well as birds and other wildlife, began to suffer an often fatal disease of the nervous system. It affected only animals that had access to contaminated food or water. Stabled animals were not affected. The condition was seen only in areas treated for fire ants. Laboratory tests for disease were negative. The symptoms observed by Dr. Poitevint

were the same ones given in authoritative texts for poisoning by dieldrin or heptachlor. Dr. Poitevint also described an interesting case involving a two-month-old calf that showed symptoms of poisoning by heptachlor. This was five months after the poison had been applied. The animal was subjected to exhaustive laboratory tests, and the only significant finding was the discovery of seventy-nine parts per million of heptachlor in its fat. Did the calf get the heptachlor directly from grazing or indirectly from its mother's milk, or even before birth? "If from the milk," asked Dr. Poitevint, "why were not special precautions taken to protect our children who drank milk from local dairies?"

Once again, then, the problem of contamination of milk arises. The area included in the fire-ant program is predominantly croplands and fields. What about the dairy cattle that graze in these fields? In treated fields, the grasses will inevitably carry residues of heptachlor or dieldrin, and if the residues are eaten by the cows, the poison will appear in the milk. This was demonstrated experimentally for heptachlor in 1955, and was reported for dieldrin in 1956—before the fire-ant program was launched. The Department of Agriculture's annual publications now list heptachlor and dieldrin among the chemicals whose presence makes forage plants unsuitable for feeding to dairy animals or to animals ready for slaughter, yet the control divisions of the department promote programs that spread heptachlor and dieldrin over substantial areas of grazing land. To be sure, the Department of Agriculture has advised farmers to keep milk cows out of treated pastures for thirty to ninety days, but given the small size of many of the farms involved and the large scale of the program, it is extremely doubtful whether this recommendation was followed, or could have been. Nor is the prescribed period adequate, in view of the persistent nature of the residues. The Food and Drug Administration has little authority in this situation, because in most of the Southern states the dairy industry is small and dairy products do not cross state lines. Protection of the milk supply is therefore left to the states themselves. In 1959, the health officers or other appropriate officials of Alabama, Louisiana, and Texas revealed that no tests had been made and that it simply was not known whether the milk was contaminated with pesticides. "It is perhaps a program we should undertake, but funds and personnel do not permit such a project at this time," an Alabama official said.

Meanwhile, some research into the peculiar nature of heptachlor was done. It might be more accurate to say that someone looked up research already published, for one basic fact had been discovered several years before. This was the fact that heptachlor, after a short period in the tissues of animals or plants or in the soil, assumes a considerably more toxic form, known as heptachlor epoxide. It had been known that this transformation could occur since 1952, when the Food and Drug Administration conducted a relevant experiment; two weeks after female rats were put on a diet containing thirty parts per million of heptachlor, they were found to have stored a hundred and sixty-five parts per million of the epoxide in their tissues. This fact was allowed to come out of the obscurity of biological literature in 1959, when the Food and Drug Administration took action that had the effect of banning any residues of heptachlor or its epoxide in food. The ruling put at least a temporary damper on the fire-ant program, for although the Department of Agriculture continued to request annual appropriations for the purpose, local agricultural agents became increasingly reluctant to advise farmers to use chemicals that would probably result in making crops legally unmarketable.

After a year of heavy dosages, the Department of Agriculture abruptly reduced the rate of application of heptachlor from two pounds to one and a quarter pounds per acre in 1959; later on, this was changed to half a pound per acre, applied in two treatments of a quarter of a pound each, three to six months apart. An official of the department explained that "an aggressive methods-improvement program showed the lower rate to be effective. Had this information been acquired before the program was launched, the taxpayers could have been saved a great deal of money, and, more important, a vast amount of irrecoverable damage could have been avoided. Moreover, effective and inexpensive methods of local control had been known for years. The mound-building habit of the fire

ant makes the chemical treatment of individual colonies a simple matter. The cost of such treatment is about a dollar per acre. For situations in which mounds are numerous and mechanized methods are desirable, there is a cultivator, developed by Mississippi's Agricultural Experiment Station, that first levels the mounds and then applies a chemical directly to the earth used in their construction. Control of the ants by this method is between ninety and ninety-five per cent effective. Its cost is twenty-three cents per acre. The Department of Agriculture's mass-control program cost three dollars and fifty cents per acre—the most expensive, the most damaging, and the least effective program of all.

In 1959, the department offered the chemicals free to Texas landowners who would sign a release absolving federal, state, and local governments of responsibility for damage. That same year, the State of Alabama refused to appropriate any further funds for the project. One of its officials characterized the whole program as “ill advised, hastily conceived, poorly planned, and a glaring example of riding roughshod over the responsibilities of other public and private agencies.” (In 1961, however, the legislature was again persuaded to make a small appropriation.) Meanwhile, farmers in Louisiana showed increasing reluctance to sign up for the project, for it had become evident that use of chemicals against the fire ant was causing an upsurge of insects destructive to sugar cane. Moreover, the program was obviously accomplishing nothing. Its dismal state was tersely summarized in the spring of 1962 by Dr. L. D. Newsom, the director of entomology research at Louisiana State University's Agricultural Experiment Station: “The imported fire ant ‘eradication’ program which has been conducted by state and federal agencies is thus far a failure. There are more infested acres in Louisiana now than when the program began.”

“The insect world is nature's most astonishing phenomenon,” the Dutch biologist C. J. Briejèr has said. “Nothing is impossible to it; the most improbable things commonly occur there. One who penetrates deeply into its mysteries is continually breathless with wonder. He knows that anything can happen, and that the completely impossible often does.” The “impossible” is now happening. By our chemical attack, we are weakening the defenses inherent in the environment itself—defenses designed to keep the species in check. Each time we breach these defenses, a horde of insects pours through. From all over the world come reports that make this predicament clear. At the end of a decade or more of intensive chemical control, entomologists have been finding that problems they had considered solved a few years earlier have returned to plague them, and also that new problems have arisen as insects once present in insignificant numbers have increased to the status of serious pests. By their very nature, chemical controls are self-defeating, for man has devised and applied them without taking into account the complex biological systems against which he has hurled them. The chemicals may sometimes have been pre-tested against a few individual species, but never against living communities. In some quarters nowadays, it is fashionable to dismiss the balance of nature as a state of affairs that prevailed in an earlier, simpler world—a state now so thoroughly upset that we might as well forget it. As a chart for a course of action, this assumption is highly dangerous. The balance of nature is not the same today as it was in Pleistocene times, but it is still there—a complex, precise, and highly integrated system of relationships between living things, which cannot safely be ignored, any more than the law of gravity can be ignored by a man perched on the edge of a cliff. The balance of nature has never been static; it is fluid, ever shifting, in a constant state of adjustment. Man himself is part of this balance. Sometimes the balance is in his favor; sometimes—and all too often through his own activities—it is shifted to his disadvantage.

Two critically important facts have been overlooked in the formulation of the modern insect-control programs. The first is that the really effective control of insects is the control applied by nature. Populations are kept in check by something that the ecologists call the resistance of the environment, and this has been so since the first life was created. The amount of food available, the weather and

climate, the presence of competing or predatory species—all play their part. “The greatest single factor in preventing insects from overwhelming the rest of the world is the internecine warfare which they carry out among themselves,” the California entomologist Robert Metcalf has said. The second neglected fact is the truly explosive power of a species to reproduce once the resistance of the environment has been weakened. The fecundity of many forms of life is almost beyond our power to imagine, though now and then we are permitted suggestive glimpses of its scope. I remember from my student days the miracle that could be wrought in a jar containing a simple mixture of hay and water if one merely added to it a few drops of material from a mature culture of protozoa.

Within a few days, the jar would contain a whole galaxy of whirling, darting life—uncountable trillions of paramecia, the slipper animalcule, each as small as a dust grain, all multiplying without restraint in their temporary Eden of favorable temperature, abundant food, absence of enemies. And I remember shore rocks white with barnacles as far as the eye can see, or the spectacle of an immense school of jellyfish, mile after mile, with seemingly no end to the pulsing, ghostly forms, scarcely more substantial than the water itself. Biologists used to entertain themselves by speculating about what would happen if the natural restraints were thrown off and all the progeny of a single individual survived. Thus, Thomas Huxley a century ago calculated that a single female aphid (which has the curious power of reproducing without mating) could produce progeny in a single year’s time whose total weight would equal that of the inhabitants of the Chinese empire of his day. Fortunately for us, such an extreme situation is only theoretical, but the results of upsetting nature’s own arrangements are well known to students of animal populations. The stockman’s zeal for eliminating the coyote has resulted in plagues of field mice, which the coyote formerly controlled. The familiar story of the deer inhabiting the Kaibab Plateau in Arizona is another case in point. At one time, the deer population was in equilibrium with its environment. A number of predators—wolves, pumas, and coyotes—prevented the deer from growing too numerous in relation to their food supply. Then a campaign was begun to “conserve” the deer by killing off their enemies. Once the predators were gone, the deer increased prodigiously, and soon there was not enough food for them. The browse line on the trees went higher and higher, and there were many more deer dying of starvation at any one time than had formerly been killed by predators. The whole environment, moreover, had been damaged by the desperate efforts of the deer to find food.

The predatory insects of field and forest—the insects that kill and consume other insects—play the same role as the wolves and coyotes. Kill them off and the population of their prey surges upward. No one knows how many species of insects inhabit the earth, because so many are yet to be identified, but more than seven hundred thousand have already been described. This means that seventy to eighty per cent of the earth’s species of living creatures are insects. The vast majority of these insects are held in check by natural forces, without any intervention by man. The trouble is that we are seldom aware of the protection afforded us by these natural enemies until it fails. Most of us walk unseeing through the world, unaware alike of its beauties and wonders and of the strange and sometimes terrible intensity of the lives that are being lived about us. So it is that the activities of the insect predators and parasites are little known. Perhaps we may have noticed an odd-shaped insect of ferocious mien on a bush in the garden and been dimly aware that it was a praying mantis, which lives at the expense of other insects. But we see with an understanding eye only if we have walked in the garden at night and, here and there, with the aid of a flashlight, have glimpsed the mantis stealthily creeping up on its prey. Then we sense something of the drama of hunter and hunted. Then we begin to feel something of that relentless force by which nature controls her own. The predators are of many kinds. Some are quick, and, with the speed of swallows, snatch their prey from the air. Others plod methodically along a stem, plucking off and devouring sedentary insects, like the aphids. The yellow jacket captures soft-bodied insects and feeds the juices to its young. The mud-dauber wasp builds a columned nest of mud under the eaves of houses and stocks it with in-

sects on which its young will feed. The horse-guard wasp hovers above herds of grazing cattle, destroying the blood-sucking flies that torment them. The loudly buzzing syrphus fly, often mistaken for a bee, lays its eggs on the leaves of aphid-infested plants; the larvae, when they hatch, consume immense numbers of aphids. Ladybugs, or lady beetles, are among the most effective destroyers of aphids, and of scale insects and other plant-eating insects as well. Literally hundreds of aphids are consumed by a single ladybug to stoke the fires of energy that she requires to produce a single batch of eggs. Even more extraordinary in their habits are the parasitic insects. These do not kill their hosts outright. Instead, they utilize them for the nurture of their young. Some deposit their eggs within the larvae or the eggs of their prey, so that their own developing young can consume the host. Others attach their eggs to a caterpillar by means of a sticky solution; on hatching, the larval parasite bores through the skin of the host. Still others, led by an instinct akin to foresight, merely lay their eggs on a leaf, so that a browsing caterpillar will eat them.

Everywhere, in field and hedgerow and garden and forest, the insect predators and parasites are at work. Here, above a pond, the dragonflies dart, and the sun strikes fire from their wings. So their ancestors sped through the swamps where huge reptiles lived. Now, as in those ancient times, the sharp-eyed dragonflies capture mosquitoes in the air, scooping them in with basket-shaped legs. In the waters below, their young, the dragonfly nymphs, or naiads, prey on the aquatic stages of mosquitoes and other insects. And there, almost invisible against a leaf, is the lacewing, with gauzy green wings and golden eyes, shy and secretive, descendant of a race that lived in Permian times. The adult lacewing feeds mostly on plant nectars and the honeydew of aphids, and in time she lays her eggs, each on the end of a long stalk, which she secures to a leaf. From these emerge her children—strange, bristled larvae called aphid lions, which live by preying on aphids, scale insects, or mites, capturing them and sucking them dry of fluid. Each may consume several hundred aphids before the ceaseless turning of the cycle of its life brings the time when it will spin a white silken cocoon in which to pass the pupal stage. And there are many wasps and flies whose very existence depends on the destruction of the eggs or larvae of other insects. Some of the egg parasites are exceedingly minute, yet by their numbers and their great activity they hold down the abundance of many crop-destroying species. There is, for example, a tiny wasp of the genus *Trichogramma*, whose fragile body may be smaller than the eggs of her prey. She flies tirelessly through the cotton fields, seeking out the eggs of the bollworm and the leafworm, or through orchards, to find the eggs of the codling moth, or into the cane fields, where the sugarcane borer, a brown moth, deposits her eggs on the stalks of growing cane. What unerring instinct—what scent trail that man knows nothing about—leads her to these places? Finding the eggs of her prey, by whatever means, the wasp pierces them one by one, depositing one of her own eggs within each. The egg so invaded does not complete its own development but supplies nourishment for the infant parasite now developing within it; thus each parasitized egg becomes a Trojan horse from which will emerge an enemy of its kind.

All these small creatures are working—working in sun and rain, during the hours of darkness, even when winter has damped down the fires of life to mere embers, waiting to flare again into activity as soon as spring awakens the insect world. Under the white blanket of snow, below the frost-hardened soil, in crevices in the bark of trees, and in the shelter of caves, the parasites and the predators are able to tide themselves over the season of cold. The eggs of the mantis are secure in little cases of thin parchment attached to the branch of a shrub by the mother, whose life span ended with the summer that is gone. The female polistes wasp has taken shelter in a forgotten corner of some attic, carrying in her body the fertilized eggs, the heritage on which the whole future of her colony depends. She, the lone survivor, will start a small paper nest in the spring, lay a few eggs in its cells, and carefully rear a small force of workers. With their help, she will enlarge the nest and develop the colony. Then the workers, foraging ceaselessly through the hot days of summer, will destroy

countless caterpillars. Thus, through the circumstances of their lives and the nature of our own wants, all these creatures have long been our allies in keeping the balance of nature tilted in our favor. Yet now we have turned our artillery against our friends. The terrible danger is that we have grossly underestimated their value in holding off a dark tide of enemies, and that without their help the enemies can overrun us.

The prospect of a general and permanent lowering of environmental resistance becomes increasingly real as the number, variety, and destructiveness of insecticides grows. Each year, we may expect serious outbreaks of insects—both disease-carrying and crop-destroying species—in excess of anything we have ever known. “Yes, but isn’t this all theoretical?” somebody asks. “Surely it won’t really happen—not in my lifetime, anyway?” It is happening now. By 1958, scientific journals had already recorded some fifty species involved in violent dislocations of nature’s balance, and more are being found every year. A recent review of the subject contained references to two hundred and fifteen papers reporting or discussing unfavorable upsets in the balance of insect populations because insecticides had killed off various predators and parasites. Sometimes the end result of chemical spraying has been a tremendous upsurge of the very insect that the spraying was intended to control, as when black flies in Ontario became seventeen times as abundant after spraying as they had been before, and as when, in England, an outbreak of the cabbage aphid—an outbreak that had no parallel on record—followed a broad program of spraying. At other times, spraying has been reasonably effective against the target insect but has let loose a Pandora’s box of destructive pests that had never before been abundant enough to cause trouble. The spider mite, for example, has become practically a world-wide pest as DDT and other insecticides have killed off its enemies. The spider mite is not an insect. It is a barely visible eight-legged creature, belonging to the Arachnida, the class that also includes spiders, scorpions, and ticks. It has a prodigious appetite for the chlorophyll that makes the world green. It inserts its stiletto-sharp mouth parts in the outer cells of leaves or evergreen needles and extracts the chlorophyll. A mild infestation gives trees or shrubbery a mottled, or salt-and-pepper, appearance. When there is a heavy one, foliage turns yellow and fans, which is what happened in some of the Western National Forests a few years ago, following a program of spraying some eighty-five thousand acres of forested lands with DDT. The spraying was done by the United States Forest Service in 1956, with the intention of controlling the spruce budworm, but the next summer it was discovered that a problem worse than budworm damage had been created. From the air, vast blighted areas could be seen where the magnificent Douglas firs were turning brown and dropping their needles. In the Helena National Forest and on the western slopes of the Big Belt Mountains, and then in other areas of Montana and in Idaho, the forests began to look as though they had been scorched. It was evident that this summer of 1957 had brought the most extensive infestation of spider mites in history. Almost all the sprayed area was affected; nowhere else was any such damage evident. Why does the spider mite appear to thrive on insecticides? Obviously, it is relatively insensitive to them, but there seem to be two other reasons as well. In nature, the spider mite is kept in check by various predators, such as ladybugs, gall midges, predaceous mites, and several pirate bugs, and all of these are extremely vulnerable to insecticides. The other reason has to do with population pressure within the spider-mite colonies. Normally, a colony of mites is a densely settled community, huddled under a protective web for concealment from its enemies. When such a colony is sprayed, the mites, irritated by the chemicals, scatter in search of places where they will not be disturbed. In doing so, they find a far greater abundance of space and food. Their enemies are now dead, so there is no need for them to spend their energy in secreting a protective web. Instead, they devote it all to producing more mites; it is not uncommon for their egg production to increase threefold.

The situation brought about by insecticides abounds in ironies. In the apple orchards of Nova Scotia in the late nineteen-forties, the worst infestations of the codling moth—a cause of “wormy” apples

—were in the orchards that had been regularly sprayed. In unsprayed orchards, the moths were not abundant enough to cause real trouble. Far off, in the eastern Sudan, a few years later, some sixty thousand acres of cotton were sprayed with DDT. One of the most destructive enemies of cotton is the bollworm, but the more the farmers sprayed, the more bollworms appeared. Unsprayed cotton suffered less damage to its fruits and, later, to its mature bolls than sprayed cotton, and in twice-sprayed fields the yield of seed cotton dropped significantly. Although some of the leaf-feeding insects were eliminated, any benefit that this might have brought was more than offset by bollworm damage. In America, farmers have repeatedly traded one insect enemy for a worse one as spraying has upset the population dynamics of the insect world.

Indeed, both the fire-ant-eradication program in the South and the spraying in the Middle West against the Japanese beetle had precisely this effect; the former permitted the sugar-cane borer to gain a foothold, and the latter resulted in an enormous increase in the corn borer. A particularly ironic series of events has occurred in the citrus groves of California. In 1872, a scale insect that feeds on the sap of citrus appeared in the state, and within the next fifteen years the fruit crop in many groves was so near a complete loss that the growers gave up and pulled out their trees. In 1888, however, a parasite of the scale insect was imported from Australia—a small lady beetle called the vedalia. Within only two years, the scale insect was under such thorough control that one could search for days among the orange groves without finding a single specimen. The importation of the vedalia had cost the government a mere five thousand dollars, and its activities had saved the fruit-growers several millions of dollars a year. This was the world's most successful and famous experiment in biological control. Then, in the nineteen-forties, the citrus growers began to use the glamorous new chemicals in an effort to get rid of other insects, and the populations of the vedalia in many sections of California were wiped out. The scale insect quickly reappeared, and the damage to the citrus trees exceeded anything that had been seen for fifty years. "This possibly marked the end of an era," Dr. Paul DeBach, of the University of California's Citrus Experiment Station in Riverside, said in 1956. Now control of the scale insect has become enormously complicated. The vedalia can be maintained only by repeated releases and by the most careful attention to spray schedules, so as to minimize the beetles' contact with insecticides. And, regardless of what the citrus growers do, they are more or less at the mercy of the owners of adjacent acreages, growing other crops, for severe damage has been done by insecticidal drift.

If Darwin were alive today, he would be astounded and delighted by the impressive verification that his theories of the survival of the fittest are receiving from the insect world. Under the stress of intensive chemical spraying, the weaker members of the insect populations are being weeded out, and in many areas and among many species only the strong and fit remain, defying our efforts to control them. Nearly half a century ago, a professor of entomology at Washington State College, A. L. Melander, asked the now purely rhetorical question "Can insects become resistant to sprays?" If Melander thought the answer obscure, or slow in coming, that was only because he asked his question in 1914 instead of forty years later. In the pre-DDT era, when inorganic chemicals were applied in quantities that would seem extraordinarily modest today, strains of insects emerged here and there that could survive spraying or dusting. About 1908, Melander himself ran into difficulty with one of the scale insects. For some years past, the insects, which are a common pest of fruit trees, had been satisfactorily controlled by spraying with lime sulphur, but that year, in the Clarkston area of Washington, they became refractory; they were harder to kill there than elsewhere. And suddenly the scale insects in other parts of the country seemed to get the same idea—that it was not necessary for them to die under the sprayings of lime sulphur. In Illinois, Indiana, Arkansas, and other states, thousands of acres of fine orchards were destroyed by the insects. Then, in certain areas of California, the time-honored method of placing canvas tents over citrus trees and fumigating them with hydrocyanic acid began to yield disappointing results—a problem that led to research at the Citrus Ex-

periment Station, beginning about 1915 and continuing for a quarter of a century. In the nineteen-twenties, still another insect learned the secret of resistance—the codling moth, which had docilely succumbed to lead arsenate for the previous forty years.

It was the advent of DDT and its many relatives, however, that ushered in the true Age of Resistance. It should have surprised no one with even the simplest knowledge of insects or of the dynamics of any animal population that within a matter of a very few years an ugly and dangerous problem had clearly defined itself. Yet awareness of the fact that insects possess an effective weapon for countering aggressive chemical attack seems to have dawned slowly. In fact, even now only the research workers who are concerned with insects that are vectors, or carriers of disease, appear to have become thoroughly aware of the nature of the situation; the agriculturists, for the most part, still put their faith in the development of ever more toxic chemicals. But if understanding of the phenomenon of insect resistance has developed slowly, it has been far otherwise with resistance itself. Before 1945, only about a dozen species were known to have developed resistance to any of the pre-DDT insecticides. With the new chemicals and the new methods of intensive application, resistance began a meteoric rise, which by 1960 had reached the alarming level of a hundred and thirty-seven species. And no one conversant with the situation believes that the end is in sight. More than a thousand technical papers have now been published on the subject, and the World Health Organization has enlisted the aid of some three hundred scientists in all parts of the world, declaring that “resistance is at present the most important single problem facing vector-control programmes.” Dr. Elton, the distinguished British student of animal populations, has said, “We are hearing the early rumbling of what may become an avalanche in strength.”

Sometimes resistance develops so rapidly that the ink is scarcely dry on a report hailing successful control of species by means of some specific chemical before an amended report has to be issued. In South Africa, for example, cattlemen had long been plagued by the blue tick, from which, on one ranch alone, six hundred head of cattle had died in a single year. The tick had for some years been resistant to arsenical dips. Then, about 1947, the chlorinated hydrocarbon called BHC was tried, and for a very short time all seemed to be well. Reports issued early in the year 1949 declared that the arsenic-resistant ticks could be controlled readily with the new chemical; later that year, a bleak notice of developing resistance had to be published. The situation prompted a writer in the *Leather Trades Review*, a weekly published in London, to comment, in 1950, “News such as this quietly trickling through scientific circles and appearing in small sections of the overseas press is enough to make headlines as big as those concerning the new atomic bomb if only the significance of the matter were properly understood.”

To that list of about a dozen agricultural insects that showed resistance to the inorganic chemicals of an earlier era there have been added a host that are resistant to such chlorinated hydrocarbons as DDT, BHC, lindane, toxaphene, dieldrin, and aldrin, and even to the organic phosphates, from which so much was hoped. In 1960, the total number of resistant insects of importance in agriculture had reached sixty-five. Perhaps the most troublesome case of resistance in this area is that of the codling moth, which is now resistant to DDT in practically all of the world’s apple-growing regions. Resistance in cabbage insects is creating another serious problem. Potato insects are escaping chemical control in many sections of the United States. Six species of cotton insects, along with an assortment of thrips, fruit moths, leafhoppers, caterpillars, mites, aphids, wireworms, and others, are now able to ignore the farmer’s assault with chemical sprays.

Although insect resistance is a matter of concern in agriculture and forestry, it is in the field of public health that it has awakened the most serious apprehensions. The relation between insects and many diseases of man is an ancient one. Mosquitoes of the genus *Anopheles* may inject into the hu-

man blood stream the single-celled organism of malaria. Other mosquitoes transmit yellow fever. Still others carry encephalitis. The housefly, which does not bite, may nevertheless, by contact, contaminate human food with the bacilli of some types of dysentery, and in many parts of the world it also plays an important part in the transmission of eye diseases. The list of diseases and their insect vectors also includes typhus and body lice, plague and rat fleas, African sleeping sickness and tsetse flies, and various fevers and ticks, among innumerable others. These pose an important problem, which must be solved. No responsible person contends that insect-borne disease should be ignored. The question that has now urgently presented itself is how responsible it is to attack the problem by methods that are rapidly making it worse. The world has heard much of the triumphant war against disease through the control of insect vectors, but it has heard little of the other side of the story—the defeats and also the shortlived triumphs that now strongly support the view that the insect enemy has actually been made stronger by our efforts. What is even more alarming, we may have destroyed our very means of fighting it. A distinguished Canadian entomologist, Dr. A. W. A. Brown, was engaged by the World Health Organization to make a comprehensive survey of the resistance problem. In the resulting monograph, published in 1958, Dr. Brown has this to say: “Barely a decade after the introduction of the potent synthetic insecticides in public-health programmes, the main technical problem is the development of resistance to them by the insects they formerly controlled.” In publishing his monograph, the World Health Organization said, “The vigorous offensive now being pursued against arthropod-borne diseases such as malaria, typhus fever, and plague risks a serious setback unless this new problem can be rapidly mastered.” What is the measure of this “setback”? The list of resistant species now includes practically all the insect groups of medical importance. Apparently the black flies, the sand flies, and the tsetse flies have not yet become resistant to chemicals. On the other hand, resistance among houseflies and body lice has now developed on a global scale; malaria programs are threatened by resistance among mosquitoes; and the Oriental rat flea, the principal vector of plague, has recently demonstrated resistance to DDT—a most serious development. Countries reporting resistance among a large number of species represent every continent and most of the island groups.

Probably the first medical use of modern insecticides occurred in Italy in 1943, when the Allied Military Government launched a successful attack on typhus by dusting enormous numbers of people with DDT, to control body lice. This program led to one of the earliest and most widely publicized achievements of DDT. Then, in the winter of 1945-46, DDT controlled lice that had afflicted some two million people in Japan and Korea. Some premonition of trouble might have been gained by the failure of DDT to control a typhus epidemic in Spain in 1948, but even after that encouraging laboratory experiments led entomologists to believe that lice were unlikely to develop resistance. Events in Korea in the winter of 1950-51 were therefore startling. When DDT powder was applied to a large group of Korean soldiers, the extraordinary result was an increase in the infestation of lice. Some of these lice were collected and tested, and it was found that five-percent DDT powder caused no increase in their natural mortality rate. Similar results among lice collected from vagrants in Tokyo, from an asylum in Itabashi, and from refugee camps in Syria, Jordan, and eastern Egypt confirmed the ineffectiveness of DDT for the control of lice, and thus of typhus. By 1957, when the list of countries in which lice had become resistant to DDT was extended to include Iran, Turkey, Ethiopia, West Africa, South Africa, Peru, Chile, France, Yugoslavia, Afghanistan, Uganda, Mexico, and Tanganyika, DDT's initial triumph in Italy seemed dim indeed. In 1946, again in Italy, extensive applications of residual sprays for the control of malaria mosquitoes were begun. The first signs of trouble appeared only a year later. Houseflies and also mosquitoes of the species *Culex pipiens*—the common house mosquito—began to show resistance to the sprays. In 1948, a new chemical, chlordane, was tried as a supplement to DDT. This time, good control was obtained for two years, but by August of 1950 chlordane-resistant flies had appeared, and by the end of that year all the houseflies, and the *Culex pipiens* as well, seemed to be resistant to chlordane. As rapidly as new chemicals

were brought into use, resistance developed. By the end of 1951, methoxychlor, dieldrin, and BHC had joined the list of chemicals that were no longer effective. The flies, meanwhile, had become enormously abundant. The same cycle of events took place elsewhere. What happened in one Egyptian village epitomizes the problem. Insecticides gave good control of flies in 1950, and during the same year the infant-mortality rate was reduced by nearly fifty per cent. The next year, flies were resistant to DDT and chlordane. The fly population returned to its former level; so did infant mortality. In the United States, resistance to DDT among flies had become widespread in the Tennessee Valley by 1948. Resistance in other areas followed. Attempts to restore control with dieldrin met with little success; indeed, in some places the flies developed strong resistance to this chemical within two months. After running through all the available chlorinated hydrocarbons, control agencies turned to the organic phosphates, but the story of resistance was simply repeated. The present conclusion of experts is that “housefly control has escaped insecticidal techniques and once more must be based on general sanitation.”

The first malaria mosquito to develop resistance to DDT was *Anopheles saccharovi*, in Greece. Extensive indoor spraying was begun in 1946, with the usual early success; by 1949, however, observers noticed that adult mosquitoes were resting in large numbers under road bridges, though they were absent from houses and stables that had been treated. Soon this habit of outside resting was extended to caves, outbuildings, and culverts, and to the foliage and trunks of orange trees. Apparently, the adult mosquitoes had become sufficiently tolerant of DDT to escape from sprayed buildings and rest and recover in the open. A few months later, they were able to remain in houses, and were found resting even on treated walls. This was a portent of the extremely serious situation that has now developed. Resistance to insecticides by mosquitoes of the anophelene group has surged upward at an astounding rate, being created by the very thoroughness of the house-spraying programs designed to eliminate malaria. In 1956, only five species of these mosquitoes displayed resistance; by early 1960 the number had risen to twenty-eight. In West Africa, the Middle East, Central America, Indonesia, and Eastern Europe, the resistant mosquitoes include some very dangerous malaria vectors. Among other mosquitoes, the pattern is being repeated. A tropical mosquito that carries parasites responsible for such diseases as elephantiasis has become strongly resistant in many parts of the world.

In Some areas of the United States, the mosquito vector of western equine encephalitis, which can be transmitted to man, has developed resistance. An even more serious problem concerns the vector of yellow fever, which for centuries was one of the great plagues of the world. Resistant strains of this mosquito have occurred in Southeast Asia and are now common in the Caribbean region. The consequences of resistance in terms of malaria and other diseases are indicated by reports from many countries. An outbreak of yellow fever in Trinidad in 1954 followed failure to control the vector mosquito because of its resistance. There has been a flareup of malaria in Indonesia and Iran. In Greece, Nigeria, and Liberia, the mosquitoes continue to harbor and transmit the malaria parasite. In Western sections of the United States, loss of control over the mosquito vector of encephalitis poses a problem. A reduction of diarrheal disease that had been achieved in Georgia in the early nineteen-fifties through fly control was wiped out within about a year. A decline in acute conjunctivitis in Egypt in the late nineteen-forties, also achieved through fly control, did not last beyond 1950.

Less serious in terms of human health, but vexatious as man measures economic values, is the fact that salt-marsh mosquitoes in Florida are also showing resistance. These are not carriers of disease, but their presence in bloodthirsty swarms had rendered large areas of coastal Florida uninhabitable until control—of an uneasy and temporary nature—was established. But by the late nineteen-forties control had been lost. The fact that the ordinary house mosquito is developing resistance should give pause to many communities that now regularly arrange for wholesale spraying. This species is

resistant to DDT and several other insecticides, in Italy, Israel, Japan, France, and parts of the United States, including California, Ohio, New Jersey, and Massachusetts.

The wood tick, vector of spotted fever, has recently developed resistance, imitating the brown dog tick, whose ability to escape a chemical death has been widely and thoroughly established for some time. This ability poses problems for human beings as well as for dogs. The brown dog tick is a semitropical species, and when it occurs in the north it must live through the winter in heated buildings, rather than out-of-doors. John C. Pallister, of the American Museum of Natural History, reported in the summer of 1959 that his department had been getting a number of calls from neighboring apartments on Central Park West. "Every now and then, a whole apartment house gets infested with young ticks, and they're hard to get rid of," Mr. Pallister said, "A dog will pick up ticks in Central Park, and then the ticks lay eggs and they hatch in the apartment. They seem immune to DDT or chlordane or most of our modern sprays. It used to be very unusual to have ticks in New York City, but now they're all over here and on Long Island, in Westchester, and on up into Connecticut. We've noticed this particularly in the past five or six years." Throughout much of North America, the German cockroach has become resistant to chlordane, once the favorite weapon of exterminators, who have now turned to organic phosphates, like malathion. However, laboratory findings on resistance to this group of insecticides in 1960 confront the exterminators with the problem of where to go next.

Agencies concerned with vector-borne disease are at present coping with their problems by switching from one insecticide to another as resistance develops. But this cannot go on indefinitely, despite the ingenuity of the chemists in supplying new materials. Dr. Brown has pointed out that we are travelling a one-way street. No one knows how long the street is. If the end is reached before control of disease-carrying insects is achieved, our situation will indeed be critical.

The chemical industry is perhaps understandably loath to face up to the unpleasant fact of resistance. Even in 1959, when more than a hundred major insect species were showing definite resistance to chemicals, one of the leading journals in the field of agricultural chemistry spoke of "real or imagined" insect resistance. Yet, however hopefully the industry may turn its face the other way, the problem simply does not vanish. The cost of insect control by means of chemicals is increasing steadily. For one thing, it is no longer possible to stockpile materials well in advance; the most promising of insecticidal chemicals today may be a dismal failure tomorrow, and the very substantial financial investment entailed in backing and launching an insecticide may be swept away. Rapidly as technology may invent new uses for insecticides and new ways of applying them, it is likely to find the insects keeping a lap ahead.

There are good reasons for this. Out of an original population whose members vary greatly in structure, physiology, and behavior, only the "tough" insects survive chemical attack. Spraying kills off the weaklings. The survivors—the insects endowed with some inherent quality that enables them to escape harm—are the parents of the next generation, which, by simple inheritance, possesses all the "toughness" of their forebears. Inevitably, it follows that intensive spraying with powerful chemicals only aggravates the condition that it is designed to correct. After a few generations, there is no longer a mixed population of strong and weak insects but, instead, a population consisting entirely of tough, resistant strains. Dr. Briejër reports watching flies at the Pest Control Institute in Springforbi, Denmark, "disporting themselves in DDT as much at home as primitive sorcerers cavorting over red-hot coals." Similar reports have been received from other parts of the world. In an Army camp in southern Taiwan, for example, bedbugs were found actually carrying deposits of DDT powder on their bodies. When these bedbugs were experimentally placed in cloth impregnated with DDT, they lived for as long as a month, and laid their eggs there; the resulting young grew and

thrived. The means by which insects resist chemicals are not yet thoroughly understood, but it is thought that they probably vary. Some of the insects that defy chemical control are believed to be aided by some sort of anatomical advantage, but there is little accurate information on this point. The quality of resistance does not necessarily depend on physical structure, however. DDT-resistant flies possess an enzyme that allows them to detoxicate the insecticide to the non-toxic chemical DDE. The enzyme occurs only in flies that possess a hereditary factor for DDT resistance. Flies and other insects are believed to detoxicate the organic-phosphate chemicals by means of other enzymes. Some behavior pattern may also place the insect out of reach of chemicals. Many fieldworkers in spraying campaigns have noticed the tendency of resistant flies to rest on horizontal surfaces, which are seldom treated, rather than on walls, which habitually are. Resistant houseflies may share the stable fly's tendency to sit still in one place, which greatly reduces the frequency of a fly's contact with residues of poison. Some malaria mosquitoes that have been sprayed in huts have a habit that reduces their exposure to DDT so drastically as to make them virtually immune. Irritated by the spray, they leave the huts, and outside they survive.

Usually, resistance takes two or three years to develop. Occasionally, however, it will do so in only one season, or even less; at the other extreme, it may take as long as six years. The number of generations produced by an insect population in a year naturally accounts for a good part of the difference, and this varies with species and climate. Flies in Canada, for example, have been slower to develop resistance than flies in our Southern states, where long, hot summers favor a rapid rate of reproduction.

People sometimes ask hopefully, "If insects can become resistant to chemicals, can't human beings do the same thing?" Theoretically, they can, but since this would take hundreds, or even thousand, of years, the prospect affords slight comfort to all of us living now. Resistance is not something that develops in an individual. If an individual possesses at birth some quality that makes him less susceptible than others to a certain poison, he is more likely to survive and to produce children. Resistance develops in a population only after a lapse of time measured in several or many generations. Human populations reproduce at the rate of roughly three generations per century, but new insect generations arise in a matter of days or weeks.

"It is more sensible in some cases to take a small amount of damage in preference to having none for a time but paying for it in the long run by losing the very means of fighting." This is the advice given by Dr. Briejèr, who is director of the Plant Protection Service of Holland. "Practical advice should be 'Spray as little as you can,' rather than 'Spray to the limit of your capacity.' Pressure on the pest population should always be as slight as possible." Unfortunately, such an attitude has not prevailed in the corresponding agricultural services of the United States. The Department of Agriculture's Yearbook for 1952, which is its only yearbook devoted entirely to insects, recognizes the fact that insects become resistant but says, "More applications or greater quantities of the insecticides are needed then for adequate control." The department does not say what will happen when the only chemicals left untried are those that will render the earth not merely insectless but lifeless, yet in 1959 a Connecticut entomologist was quoted in the *Journal of Agricultural & Food Chemistry* to the effect that on at least one insect pest the last available new material was then being used. "It is more than clear that we are travelling a dangerous road," Dr. Briejèr says. "We are going to have to do some very energetic research on other control measures, measures that will have to be biological, not chemical. Our aim should be to guide natural processes as cautiously as possible in the desired direction rather than to use brute force. We need a more high-minded orientation and a deeper insight, which I miss in many researchers. Life is a miracle beyond our comprehension, and we should reverence it even where we have to struggle against it. The resort to weapons such as insecticides to control it is a proof of insufficient knowledge and of an incapacity so to guide the processes

of nature that brute force becomes unnecessary. Humbleness is in order; there is no excuse for scientific conceit here.”

Over the past decade, most of those people who are best fitted to develop natural controls have been laboring in the more exciting vineyards of chemical control. It was reported in 1960 that only two per cent of this country’s economic entomologists—that is, entomologists who are engaged in the control of insects—were working in the field of biological controls, the remaining ninety-eight per cent being engaged in research on chemical insecticides. Why does this situation exist? One important reason is that major chemical companies are pouring money into the universities to support research on insecticides. Biological-control studies are never so well endowed, for the simple reason that they do not promise anyone the sort of fortune that is to be made in the chemical industry. Such studies are left to state and federal agencies, where the salaries paid are far lower. Another reason is that many entomologists have lost sight of the fact that they are neither chemists nor engineers but biologists. F. H. Jacob, a British plant pathologist, has declared, “The activities of many so-called economic entomologists would make it appear that they operate in the belief that salvation lies at the end of a spray nozzle that when they have created problems of resurgence or resistance or mammalian toxicity, the chemist will be ready with another pill. That view is not held here. Ultimately only the biologist will provide the answers to the basic problems of pest control.” And A. D. Pickett, an entomologist in Nova Scotia, has written, “Economic entomologists must realize that they are dealing with living things. Their work must be more than simply insecticide testing or a quest for highly destructive chemicals.”

Dr. Pickett himself was a pioneer in the field of devising methods of insect control that take full advantage of the predatory and parasitic species. Years ago, after working in the apple orchards of Nova Scotia’s Annapolis Valley, which was then one of the most concentrated fruitgrowing areas in Canada, and using insecticides to destroy the codling moth, only to see it give way to the mite, Dr. Pickett concluded, “We move from crisis to crisis, merely trading one problem for another.” And he and his associates thereupon struck out on a new road, instead of going along with those entomologists who continued to pursue the will-o’-the-wisp of the ever more toxic chemical. Recognizing that they had a strong ally in nature, they developed a program that would make maximum use of natural controls and minimum use of insecticides, and this is now followed by about ninety per cent of the Nova Scotian fruitgrowers. Whenever insecticides are applied, only the lowest effective dosages are used—barely enough to control the pest with a minimum of harm to beneficial species. Proper timing is also an important consideration; for example, nicotine sulphate applied before the apple blossoms turn pink spares one of the important codling-moth predators, probably because it is still in the egg stage. Moreover, Dr. Pickett uses special care to select chemicals that will do as little harm as possible to insect parasites and predators. “When we reach the point of using DDT, parathion, chlordane, and other new insecticides as routine control measures, in the same way we have used the inorganic chemicals in the past, entomologists interested in biological control may as well throw in the sponge,” says Dr. Pickett. Instead of these highly toxic, broad-spectrum insecticides, he places his chief reliance on ryania (derived from the stems of a tropical plant), nicotine sulphate, and lead arsenate. In certain situations, very weak concentrations of DDT or malathion are used (one or two ounces per hundred gallons, in contrast to the usual one or two pounds per hundred gallons).

Although these are the least toxic of the modern insecticides, Dr. Pickett hopes by further research to find more selective substitutes for both, and for the lead arsenate as well. How has this program worked? Nova Scotia orchardists who are following Dr. Pickett’s modified spray program are producing as high a proportion of first-grade fruit as those who are using intensive chemical applications. They are also getting as good production. They are getting these results, furthermore, at a sub-

stantially lower cost. The outlay for insecticides used in Nova Scotia apple orchards is a mere ten to twenty per cent of what is spent for the same purpose in most other apple-growing areas. And even more important than these excellent results is the fact that the modified program worked out by the Nova Scotian entomologists is not doing violence to nature's balance.

There are other ways of attaining reasonable control of insects without contaminating the world and endangering its life. Indeed, a truly extraordinary variety of alternatives to chemical control is available. Some are already in use and have achieved brilliant successes. Others are in the stage of laboratory or field testing. Still others are little more than ideas in the minds of imaginative scientists, who are waiting for an opportunity to put them to the test. All have this in common: they are biological solutions, based on an understanding of the living organisms that they seek to control, and of the whole fabric of life to which these organisms belong. They recognize that we are dealing with having populations, with all their pressures and counterpressures. Specialists representing various areas in the vast field of biology—entomologists, pathologists, geneticists, physiologists, biochemists, ecologists—are contributing, pouring their knowledge and their creative inspiration into the formation of a new science of biotic controls. As yet, few people are aware of these developments, and the public still tends to accept the chemical pollution of the environment as inevitable. We must encourage and support both government and private research in these new fields. Our best hope of escaping from the present situation lies in these imaginative, creative approaches to the problem of sharing our earth with other creatures.

(This is the second of a series of three articles.)