

Collection
"Les savoirs partagés"

Le ver blanc au paradis vert



OU

l'histoire vécue d'un bio-envahisseur
de la canne à sucre en milieu insulaire

Enquête scientifique



Le ver blanc au paradis vert



ou

l'histoire vécue
d'un bio-envahisseur de
la canne à sucre en milieu insulaire

AUTEUR SCIENTIFIQUE REFERENT :

Dr. Bernard Vercambre

CO-AUTEURS :

Georgette Charbonnier

Michel Launois

Géraldine Laveissière

CO-ACTEURS :

Marie-Françoise Barret-Marger, Sophie Della Mussia, Emmanuel Camus, Paul Fallavier, François-Régis Goebel, Etienne Hainzelin, Gilles Mandret, Gérard Matheron, Jacques Pagès, Pierre-Luc Puglièse.

CREDITS PHOTOGRAPHIQUES :

Dr. Bernard Vercambre, sauf pour les pages 32, 56, 57, 58 qui ont pour auteur la FDGDEC (devenue la FDGDON) et les pages 49 (haut) et 52 réalisées avec G. Callot.

DESSINS ORIGINAUX :

Thanh Minh Luong

SUR UNE IDÉE DU :

SERVICE D'APPUI A LA VALORISATION OPERATIONNELLE
DE L'INFORMATION SUR LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ADRESSE DE DIFFUSION :

CIRAD-SAVOIRS

DIRECTION RÉGIONALE LANGUEDOC-ROUSSILLON

TA 178/05 - Avenue Agropolis

34398 Montpellier Cedex 5, France

Tél : 33 (0)4 67 61 57 88 / Fax : 33 (0)4 67 61 59 73

E-mail : espace.idees@cirad.fr

© Cirad, 2008

ISBN : 978-2-87614-655-6

EAN : 9782876146556

ISSN : 1620-0705

Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2008

Tirage : 10 000 exemplaires

Tous droits d'adaptation, de traduction et de reproduction par tous procédés y compris la photocopie et le microfilm, réservés pour tous pays.

Les opinions exprimées dans ce livret sont celles de l'auteur scientifique référent et ne reflètent pas nécessairement l'opinion de chacune des institutions partenaires.

Avant-propos



? Une énigme

Un ver blanc inconnu, la canne à sucre attaquée, des agriculteurs sinistrés, une île de la Réunion sous pression, des questions sans réponse, des médias sur le front pionnier de l'envahisseur.

! Un enseignement

Une organisation de résistance des communautés humaines, une enquête diligente, une origine étrangère du suspect, des processus d'infiltration involontaires, une arme biologique importée, des combinaisons d'effets, des résultats durables, une source de réflexions à partager.

... Des solutions

Des actions préventives et curatives agronomiques, chimiques, biologiques, intégrées, avec la participation de tous les acteurs du développement en milieu insulaire, avec des aspects participatifs innovants, pour un contrôle durable des populations du ravageur, jusqu'à son intégration aux écosystèmes naturels en place.

Sommaire

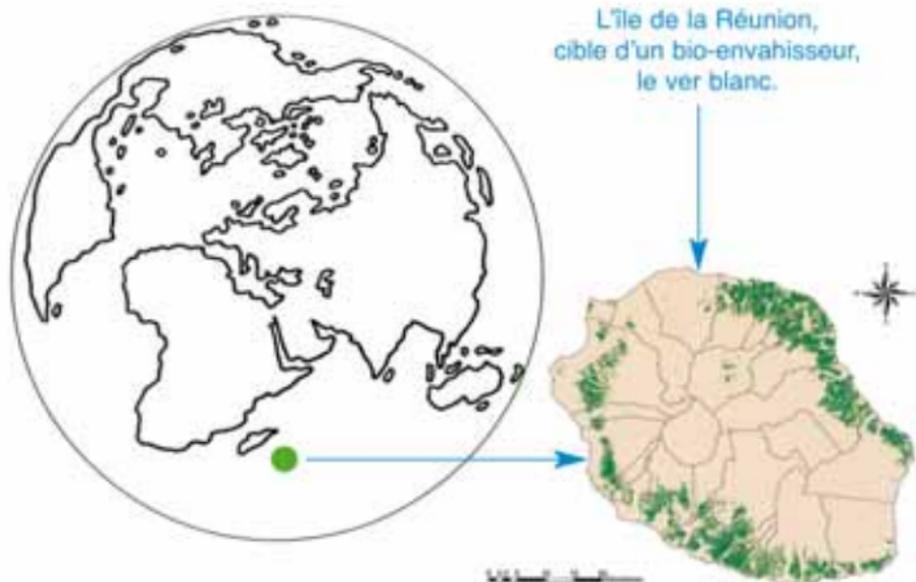
Avant propos

Une île si tranquille	3-4
Coup de théâtre	5
La presse en parle	6
Le plan d'urgence	7-8
Le ver intrus	9
Appel à témoins	10
Un nom sous conditions	11-12
L'identité révélée	13
100 ans après la révolution française	14
Des points d'interrogation	15-16
Trois hypothèses, une certitude	17-18
Une entrée clandestine	19
Des mesures locales	20-21
Les décisions réglementaires	22
La coopération inter-îles	23
Le coupable dans le sol	24-25
Le coupable hors-sol	26-27
Un cycle de vie programmé	28-29
Les habitats choisis	30-31
Des plantes sinistrées	32-33
Les trois degrés de souffrance	34
La fin du premier acte	35



Questions brèves / Réponses courtes	36-37
La lutte agronomique	38-39
Le hannetonnage	40-41
La lutte chimique	42-43
Les ennemis locaux	44
L'importation du tueur	44-45
De grands moments	46-47
L'installation des muscardines	48-49
Le cycle du tueur	50-51
Le trempage des hannetons	52-53
L'arme mixte	54-55
Les enseignements	56-57
L'expansion géographique	58-59
Les 11 commandements	60-61
La perte de vitalité	62
L'avenir en questions	63
La presse relais	64-67
L'impact révélateur	68
La fin du second acte	69
Ailleurs dans le monde	70-71
Des chiffres à retenir	72
L'évolution des écosystèmes	73
Remerciements	74
Découvrir la collection " Les savoirs partagés "	75

Une île si tranquille



► Une île dans l'océan

En plein hémisphère Sud, à 3 500 km à l'ouest de l'Australie, 800 km à l'est de Madagascar et 260 km de l'île Maurice, **la Réunion** est une île d'origine volcanique vieille de 2,5 millions d'années, caractérisée par une surface restreinte (2 512 km²), un contour ovale dont la plus grande largeur n'excède pas 70 km, un relief accidenté où le plus haut sommet culmine à 3 070 m, un climat tropical contrasté dans lequel les alizés d'avril à octobre (automne et hiver australs, température moyenne de 20 à 23°C) alternent avec les vents de mousson de novembre à mars (saison chaude et pluvieuse : de 350 à 4 000 mm, température moyenne de 25 à 28°C), des plaines extérieures et intérieures essentiellement agricoles (**canne à sucre**, maraîchage, arboriculture, horticulture ornementale, élevage) où se concentrent 90 % de la population humaine, un petit secteur industriel organisé à partir des filières sucrières et agro-alimentaires.

En **1981**, un ravageur nouveau pour l'île fait son apparition et s'y installe pour plusieurs dizaines d'années.

► À propos de la canne à sucre

La canne à sucre est cultivée sur l'île de la Réunion depuis **1796**, après des essais de mise en culture sans lendemain en **1711**. A la suite du cyclone de **1806** qui détruisit les plantations de caféiers, la canne à sucre prit son essor.

En **1860**, 62 000 hectares sont plantés. L'année record est celle de **1978** avec 272 000 tonnes de sucre produites sur 34 000 ha.

En **1981**, la production est de 251 000 tonnes de sucre obtenues à partir de 2,4 millions de tonnes de canne coupée. Le rendement moyen est de 70 tonnes par hectare pour 12 000 exploitants disposant chacun en moyenne de 3,5 ha de terre. Les surfaces se réduisent ensuite pour être ramenées à 32 300 ha en **1991**, puis 26 500 ha en **1993**. Les surfaces diminuent à nouveau en **2004** jusqu'à 25 000 ha, avant de remonter en **2006** à 26 500 ha.

Aujourd'hui, environ la moitié de la surface agricole utilisable est consacrée à la canne. Le rendement varie de 50 à 110 tonnes par hectare. La production annuelle de canne brute oscille autour de 1,9 million de tonnes et celle de sucre affleure les 195 000 tonnes.

Aux meilleures années, la canne à sucre représentait 85 % des exportations du département en sucre (produit principal), en rhum et mélasse (plus les produits divers). Actuellement, ce taux est tombé à 40 % compte tenu du développement économique de l'île.

La canne à sucre est replantée en moyenne tous les 7 ans à l'île de la Réunion contre tous les 3 ans en Australie.

Tout allait bien jusqu'en 1980, avant que la manifestation d'un fléau nouveau sur les cultures de canne à sucre ne compromette les récoltes et mobilise dans la durée, l'attention des communautés humaines durant plus de 30 ans.



Plantations de canne à sucre sur l'île de la Réunion.
Les taches jaunes sont le signe de l'attaque du ver blanc.

Coup de théâtre

Le 16 juin 1981, les planteurs de canne à sucre de Sainte-Thérèse des Hauts de La Possession signalent la présence d'un ver blanc inconnu. Ils s'aperçoivent que certaines cannes jaunissent et ont tendance à se coucher. Surpris, ils tirent sur les plants malades. Privées d'une grande partie de leurs racines, les cannes viennent facilement à la main alors qu'habituellement, l'extraction par tirage est impossible. Atterrés, ils découvrent alors dans les mottes de terre les responsables de ces dégâts : **de gros et gras vers blancs qu'ils n'avaient jusqu'à présent jamais remarqués !**



L'infestation se présente sous forme de taches limitées, espacées les unes des autres. Aux emplacements atteints, les pertes de rendement sont considérables.

Le même jour un agent du Suad (Service d'utilité agricole pour le développement) apporte un ver blanc inconnu au laboratoire d'entomologie de l'Irat (Institut de recherches intégré par la suite au Cirad).

La presse en parle

► Les gros titres

L'alerte est donnée, la presse locale transcrit l'émoi de la communauté réunionnaise comme le révèlent les titres des journaux locaux :

- "Un ver blanc encore inconnu"
- "Mobilisation générale contre un inconnu"
- "Le ver blanc toujours mystérieux"
- "La mystérieuse bête qui ronge la canne bientôt identifiée ?"
- "Le ver blanc de la Réunion ?"
- "Guerre totale contre X"
- "Sus à la bête"
- "A propos du ver blanc"
- "Un ver blanc et gras"
- "Le ver blanc : une espèce indigène ?"



► Les petits titres

- "Gros crapaud contre petit ver"
- "Le fléau s'étend"
- "Le ver blanc à 10 F la bouteille"
- "Un ver blanc ça va ; dix millions, bonjour les dégâts"
- "Le ver blanc de la canne identifié"
- "Un mystère partiellement levé"
- "Sus à l'*Hoplochelus*"
- "Le ver blanc ravageur de canne à sucre est identifié"
- "Le ver blanc de la canne démasqué"
- "Le ver blanc interdit de circulation"
- "Des planteurs protestent contre FR3"
- "Les hannetons à la plage"
- "Cri d'alarme des planteurs : nous sommes au bord du chômage technique"
- "Le lindane dans le robinet"
- "Le champignon de l'espoir"
- "Le ver blanc, un danger plus grave qu'on l'imagine"

Le plan d'urgence

► Les plus concernés

L'évidence des dégâts imputables au ver blanc dès 1981 conduit les assemblées locales, les services administratifs, les organismes de recherche, les services de défense des cultures et de protection des végétaux, les institutions d'appui à la vulgarisation et au développement à faire converger leurs informations, leurs compétences et leurs moyens pour participer à la lutte contre ce nouveau ravageur pour l'île de la Réunion. Les médias locaux (presse écrite, radio et télévision) contribuent largement à disséminer l'information disponible dans toutes les couches socio-professionnelles de la population.





► Les premières dispositions

La riposte est immédiatement organisée lors d'une réunion de crise animée par la préfecture. Un premier financement disponible provient du Conseil général.

Les deux premières dispositions qui sont prises concernent :

- la provenance et l'identification du ver blanc,
- l'ampleur des dégâts.

Une mission est prévue à Maurice ainsi qu'un vol d'hélicoptère local pour délimiter la zone atteinte par observation des taches jaunes en plein champ :

- la mission à Maurice (en juillet) laisse le mystère complet, mais permet d'amorcer une coopération inter-îles,
- l'observation aérienne permet de connaître l'extension des dégâts (4 000 ha infectés dont 150 ha détruits).

Des prélèvements de vers blancs sont réalisés pour une mise en élevage au laboratoire afin d'obtenir des adultes en vue de les confier à des spécialistes capables de les identifier avec certitude au plan taxinomique.

Le ver intrus

► Du ver au hanneton

Les agriculteurs victimes du ver blanc n'établissent pas immédiatement un lien entre celui-ci et les hannetons qui apparaissent aux lumières des habitations et des équipements publics, au début de la saison des pluies en octobre ou novembre depuis plusieurs années. Certains ont bien remarqué les chrysalides en forme de momies lors du retournement du sol mais sans en tirer de conclusions.



Examen au creux de la main de vers blancs trouvés dans le sol.

► Il y a ver blanc et ver blanc

Le **ver blanc** est la larve d'un coléoptère de la sous-famille des *Melolonthinae* communément appelé **hanneton**. De nombreuses espèces s'intéressent aux racines de la canne à sucre un peu partout dans le monde : on en connaît au moins 6 en Afrique du Sud, 13 en Australie, 2 aux Etats-Unis, 5 aux Fidji, 3 à Hawaï, 4 en Inde, 9 à Java, 4 à Madagascar, 7 à Maurice, 1 au Nigeria, 10 aux Philippines, 1 à Porto Rico, 23 à Taïwan, 6 en Tanzanie, 2 au Zimbabwe. Sur l'île de la Réunion, il existe depuis toujours des vers blancs du genre *Adoretus*, *Serica* et *Paramorphochelus* mais aucun n'est aussi gros, aussi vorace et aussi nuisible que le nouveau venu.

Appel à témoins

Pour la plupart des réunionnais, le nouveau ver blanc ravageur de la canne à sucre n'appartient pas aux espèces d'insectes indigènes dont ils sont familiers.

Son apparition paraît très soudaine. Pourtant certains disent avoir observé les formes ailées de ce ravageur les années précédentes, entre octobre et juillet, aux lumières, pendant les fortes chaleurs et commencent à penser que l'introduction du ver blanc est peut-être antérieure à l'année de sa révélation en 1981.

D'autres imaginent que cette espèce a été transportée accidentellement des régions d'altitude vers les plaines à l'occasion de transports de terre et de gazon sur l'île.

Quelques personnes prétendent même connaître cette espèce depuis leur plus tendre enfance.

L'opinion majoritaire est que le ver blanc nouvellement révélé à l'île de la Réunion vient de l'étranger. L'île Maurice est la première aire d'origine soupçonnée à cause de sa proximité géographique et des échanges de toute nature faits avec elle. L'enquête scientifique prouvera qu'il n'en est rien.

Mais à ce stade des soupçons, seule la science peut départager les avis, remplacer le doute par une certitude, l'émotion par des faits. Elle doit pour cela répondre à une première question fondamentale :



Quelle est l'identité taxinomique certaine de ce nouveau ravageur ?

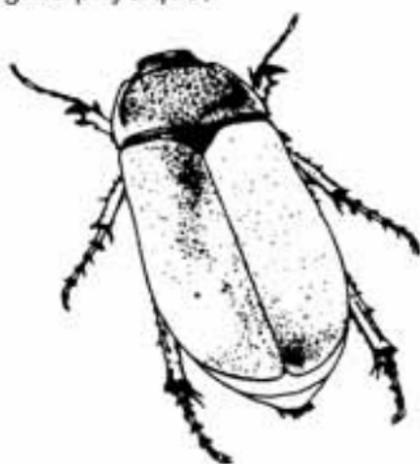
Un nom sous conditions

Tout spécialiste des insectes en général et des hannetons en particulier sait qu'il est très difficile d'identifier avec certitude une espèce d'après les caractéristiques morphologiques d'un œuf ou d'une larve, pour au moins quatre raisons :

- les stades juvéniles ne présentent aucune ressemblance avec les stades adultes, comme chez tous les insectes évolués de type holométabole,
- les clés d'identification taxinomique des espèces sont en grande majorité faites sur les adultes et non sur les œufs ou les larves,
- le manque d'études biologiques ne permet pas de faire la liaison entre les adultes, leurs œufs et leurs larves,
- le nombre de critères utilisables sur un ver blanc est limité à quelques pièces sclérifiées, situées à l'avant (pièces buccales) et à l'arrière (pièces anales) du corps, le reste étant à consistance molle et de couleur blanchâtre.

En 1981, il faut :

- obtenir des adultes en laboratoire. L'élevage à 25°C des larves âgées (début septembre) permet d'obtenir des hannetons 1 mois avant leur apparition naturelle,
- les tuer sans atteindre leur intégrité physique,
- les disposer sur des couches entomologiques permettant de supporter les expéditions lointaines,
- les envoyer aux meilleurs spécialistes de la planète qui sont très peu nombreux.



► Adresses de taxinomistes professionnels

Centre de Biologie et Gestion des Populations (CBGP)
(UMR Inra - IRD - Cirad - Montpellier SupAgro)
TA 40/L
CS 30016 - Campus international de Baillarguet
34398 Montpellier Cedex 5 - France

Inra
Institut national de la recherche agronomique
Route de Saint-Cyr
78000 Versailles - France

Marc Lacroix
2, rue du Plouich - Cité Floréal
93200 Saint Denis - France

Muséum national d'histoire naturelle
Entomologie générale et appliquée
45 bis, rue de Buffon
75005 Paris - France

Musée royal de l'Afrique centrale
J. Decelle
B-1980 Tervuren - Belgique

Royal entomological society of London
Jane Marschall
41 Queen's Gate
London SW7 5HU - Royaume Uni



Les mandibules, armes redoutables du nouvel envahisseur.

L'identité révélée

► Trois réponses, un seul nom

Les taxinomistes, après examen des échantillons de hannetons expédiés de l'île de la Réunion, les comparent avec leurs collections de référence et utilisent des clés d'identification permettant d'accéder au nom de genre et au nom d'espèce selon la nomenclature proposée par Linné.

Alors que le vol des hannetons de la saison en cours n'a pas encore commencé, trois taxinomistes, belge, français et anglais établissent formellement en octobre 1981 l'identité du ravageur :

- *Hoplochelus marginalis*, Fairmaire 1889,
- de la tribu des *Leucophilini*,
- de la sous-famille des *Melolonthinae*,
- de la famille des *Scarabeidae*,
- de la super-famille des *Scarabaeoidea*,
- de l'ordre des *Coleoptera*,
- du super-ordre des *Insecta*.



100 ans après la Révolution française

Cent ans après la chute de la Bastille sous la Révolution française de 1789, un naturaliste belge termine la première description scientifique d'une espèce de hanneton découvert à Madagascar et qui colonisera 83 ans plus tard l'île de la Réunion.

▶ 1889

L'espèce est décrite pour la première fois par Fairmaire à partir d'une souche venant de la zone Nord de **Madagascar**. Elle est considérée comme native de cette île, endémique et n'existant nulle part ailleurs. Son nom commun en français est "**hanneton**" ou "**ver blanc**" selon l'état biologique considéré, et en anglais "white grub". Son nom latin d'espèce "*marginalis*" a été choisi en référence aux bandes latérales claires colorant le thorax des adultes.



Hannetons pris au piège qui cherchent à se protéger de la lumière du jour.

Des points d'interrogation

L'intrus est identifié scientifiquement mais de nombreuses questions restent sans réponse :

■ Du point de vue phytosanitaire

- Comment ce hanneton est-il venu de Madagascar ?
- Son introduction sur l'île de la Réunion a-t-elle été involontaire ou volontaire ?
- A quand remonte la contamination initiale ?
- Comment empêcher son passage sur l'île Maurice ?
- Y a-t-il d'autres expériences connues sur l'introduction accidentelle de hannetons dans des îles ?

■ Du point de vue de la lutte

- Comment lutter rapidement contre les attaques de ce ravageur ?
- Quels sont ses ennemis naturels ?
- Y a-t-il à Madagascar ou ailleurs des ennemis naturels qu'ils soient possibles d'importer sur l'île de la Réunion ?

■ Du point de vue social

- Comment aider les agriculteurs victimes de pertes brutales mettant en jeu l'équilibre économique de leurs exploitations ?

■ Du point de vue local

- Comment contrôler efficacement la dispersion par les pratiques humaines ?

■ Du point de vue biologique

- Le ver blanc n'attaque-t-il que la canne à sucre ?
- Quelle est sa bio-écologie ?
- Quels sont ses points faibles ?

Devant toutes ces interrogations, un dispositif global est mis en place afin que chaque partenaire joue son rôle (dispositions administratives, subventions aux agriculteurs, étude biologique, lutte chimique, etc.).

Des financements sont dégagés et des réunions de concertation régulièrement organisées par la DAF/SPV. Il est également indispensable de mener une enquête scientifique afin de mieux connaître l'insecte et de mettre au point une lutte durable.

Cette mission est confiée à **Bernard Vercambre**, entomologiste du programme canne à sucre de l'Irat puis du département cultures annuelles du Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) de juin 1981 à décembre 1993 avec l'appui de nombreux partenaires institutionnels.

APR	Association pour la Promotion Rurale
BSES	Bureau of Sugar Experiment Stations
Ceemat	Centre d'essai et d'expérimentation du machinisme agricole
Cerf	Centre d'essai, de recherche et de formation
Csiro	Commonwealth scientific and industrial research organization
CTICS	Centre Technique Interprofessionnel de la Canne et du Sucre
Cuma	Coopérative d'utilisation de matériel agricole en commun
DAF/SPV	Direction de l'Agriculture et des Forêts / Service de Protection des Végétaux
FDGDEC	Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Ennemis des Cultures
Fofifa	Centre national de la recherche appliquée au développement rural. Foibem-pirenema momba ny fikarohan ampiarina amin'ny fampandrosoana ny ambanivohitra.
Msiri	Mauritian sugar industry and research institute
NPP	Natural Plant Protection
UR	Université de la Réunion

ainsi que les stations La Minière et de Saint Christol-lès-Alès de l'Inra et la station de recherche en pathologie comparée Inra-Cnrs-USTL.



Contact scientifique

Dr. Bernard Vercambre - Entomologiste
Cirad - UPR Systèmes cultures annuelles
Avenue Agropolis TA B-05/02
34398 Montpellier Cedex 5 - France

Tél. : 33 (0)4 67 61 59 30 / Fax : 33(0)4 67 61 59 88
E-mail : bernard.vercambre@cirad.fr

Trois hypothèses, une certitude

Trois hypothèses sont formulées sur l'apparition du bio-envahisseur en 1981 :

- 1 **L'espèce existe dans l'île depuis toujours** et vient de révéler son caractère dangereux.
Deux variantes :
 - 1.1. elle a été transportée des hauteurs vers les plaines à l'occasion de transferts de terre,
 - 1.2. elle était déjà dans les cultures mais à des effectifs très faibles.
- 2 **L'espèce est une variété mutante** de vers blancs autochtones.
- 3 **L'espèce est venue d'ailleurs** :
 - 3.1. soit de l'île Maurice,
 - 3.2. soit d'autres régions du monde.

► Une certitude

Le simple fait de connaître précisément l'identité du ravageur permet de conclure :

- qu'il ne fait pas partie de l'entomofaune traditionnelle de l'île de la Réunion,
- qu'il n'est pas originaire de l'île Maurice,
- qu'il est venu très probablement de l'île de Madagascar.



▶ Les moyens de transport

Deux pistes sont envisagées autour de son mode d'introduction de l'île de Madagascar sur l'île de la Réunion car l'insecte est incapable d'accomplir ce trajet par lui-même :

- **le transport par bateau** : le trajet se fait en 2 ou 3 jours. En décembre 1992, sur le navire "Albatros" des simulations d'atterrissage de hannetons adultes sur le pont du bateau durant un vol crépusculaire et le suivi de leur comportement de survie démontrent qu'aucun adulte n'est capable de coloniser le milieu ambiant. Leur mortalité est quasi complète en 12 heures en conditions chaudes (température du pont au ras du sol, 45°C à 12 h). Ces observations confirment l'inaptitude des hannetons adultes à envahir un milieu insulaire via le transport maritime et renforce l'hypothèse d'un transport dans de la terre, des œufs, des larves et des nymphes.

L'hypothèse que la source principale de contamination soit liée au trafic maritime ne semble donc pas la plus probable.



Cages installées sur le pont de l'Albatros

- **le transport par avion** : le trajet se fait en quelques heures. Les hannetons sont attirés par les lumières et envahissent l'habitacle si aucune précaution n'est prise ou se logent dans des bagages. Certains passagers, en transportant des plantes en pots, auraient pu introduire le fameux ver blanc caché dans la terre des pots.

Deux pistes d'atterrissage pour avions gros porteurs ont été utilisées en 1972.

Une entrée clandestine

► L'arrivée initiale

La question est de savoir quand l'accident d'introduction involontaire s'est produit. Quelques agriculteurs se souviennent avoir vu ce type de hanneton voler dans la région des Hauts de La Possession, 2 ou 3 ans avant sa révélation en **1981**.

Un rapprochement est fait avec le rapatriement de nombreux réunionnais et militaires en **1972**, à la suite d'une décision politique à Madagascar. Certaines familles rapatriées ont emporté avec elles dans leurs bagages des plantes d'ornement, des plantes maraîchères et des espèces médicinales. Il est possible que *Hoplochelus marginalis* ait profité de ce transport gratuit dans la terre des pots.

► Le délai de révélation

Mais cet écart de 10 années entre 1972 et l'apparition des premières taches d'infestation constatées en 1981 sur de très petites surfaces (2 à 4 % des cultures) paraît un peu long. A moins que la population initiale d'*H. marginalis* n'ait concerné que quelques individus ?

La responsabilité des rapatriés de 1972 n'est pas objectivement démontrée, pas plus que celle des militaires qui les ont aidés à sortir d'une position très inconfortable. Le ravageur pourrait n'avoir été introduit que plus tard, quelques années avant 1981.

La certitude est que l'introduction est involontaire et liée aux activités humaines.

A raison d'une avancée de 3 à 4 km par an, 15 à 18 % des surfaces cultivées sont atteintes en **1988**. Malgré toutes les mesures prises, le fléau progresse et **l'ensemble des zones cultivées de l'île de la Réunion est touché en 15 ans.**

Des mesures locales

► La coopération intra-île

Alors qu'une dizaine d'organisations participaient à la résolution du problème, la complexité des diverses opérations a entraîné une spécialisation des activités dans l'ensemble des communautés concernées :

- distribuer les crédits ou les subventions,
- en vérifier le bon usage (organisations étatiques et para étatiques : Direction départementale de l'agriculture, Conseil général, etc.),
- rechercher la meilleure et la plus durable des solutions (organismes de recherches : Irat, Inra),
- développer et vulgariser les techniques de lutte (FDGDEC, Cuma, APR, Safer, Suad, etc.),

Le groupe de travail "Ver blanc", animé par le SPV, à raison de 4 réunions annuelles, assure la cohésion nécessaire à toute opération de longue haleine.



► Le plus présent dans la plus longue durée

Le Conseil général de la Réunion est l'institution qui a le plus investi et dans la plus longue durée pour accompagner les mesures du plan d'urgence, dans ses principes fondamentaux comme dans ses applications sur le terrain, en partage avec les autres acteurs concernés.

► Les campagnes de sensibilisation

De 1981 à 1996, au moins 97 articles de la presse locale ont été consacrés au ver blanc à l'île de la Réunion.

D'une manière plus large, les campagnes de sensibilisation avaient pour objectif :

- d'informer le public,
- de promouvoir la lutte biologique,
- d'assurer la meilleure diffusion possible du riz sporisé (produit biologique préconisé pour la destruction des hannetons),
- de faire participer la population à la lutte.

De nombreux moyens médiatiques sont mobilisés :

- communiqués de presse,
- reportages télévisés,
- interview à la radio,
- journées portes ouvertes,
- affiches, posters, dépliants, bande dessinée,
- appui des municipalités,
- distribution gratuite des produits,
- concours de hannetonnage (capture d'ailés),
- journées scolaires.



Les décisions réglementaires

Au niveau du département français que constitue l'île de la Réunion, sont déclarés obligatoires :

- la lutte dans les zones cultivées infestées,
- la signalisation de tout nouveau foyer auprès du Service de la Protection des Végétaux,
- l'agrément préalable aux transports de matériaux présentant le risque de véhiculer le ver blanc d'une région de l'île à une autre : terre, fumier, compost, terreau, plantes sur substrat, fourrage, fruits, légumes, végétaux de pépinières, canne à sucre (pendant la campagne sucrière).

Au niveau des échanges entre l'île de la Réunion et l'île Maurice tout particulièrement. Il est convenu de prendre des mesures pour éviter l'introduction d'*Hoplochelus marginalis* à l'île Maurice et réciproquement l'introduction d'*Heteronychus licas* de l'île Maurice à l'île de la Réunion :

- en limitant les trafics aériens et maritimes chaque jour entre 18 h 30 et 20 h 30, sauf dérogation exceptionnelle, à cause du vol des hannetons,
- en interdisant le flux de bagages et de passagers à la même période,
- en implantant un réseau de pièges lumineux sur le port et à l'aéroport pour capturer les hannetons susceptibles de se disperser,
- en encourageant toute méthode susceptible de réduire l'impact économique du ver blanc.

Au fil des années, des modalités supplémentaires sont recommandées. En 1994 par exemple, chaque avion posé au sol durant la période comprise entre le 1^{er} novembre et le 31 janvier où se produisent les vols de hannetons, doit être désinsectisé en cabine et en soute. Le fret ne doit pas être stocké à la lumière. Il est recommandé de l'inspecter avant transfert. Les bagages des passagers sont contrôlés. Un traitement insecticide est imposé autour de l'aéroport. Pour les bateaux, il est demandé d'éteindre les lumières en début de nuit, de fermer tous les accès et de prévoir une inspection par les services compétents avant les départs.

La coopération inter-îles

► Coopération inter-îles

En parallèle à une coopération intra-réunionnaise, une coopération inter-îles avec Madagascar et Maurice s'instaure. De nombreuses missions sont organisées avec l'aide des organisations de recherche (Fofifa, Msiri) de ces deux îles sœurs avec l'accord des pouvoirs publics respectifs.

A Madagascar, il s'agit de réaliser des prospections afin de trouver des organismes antagonistes du ver blanc.

A Maurice, il s'agit d'éviter l'introduction de *Hoplochelus marginalis* dans cette île et de bénéficier de l'expérience des mauriciens sur un problème similaire avec le ver blanc *Phyllophaga smithi*, introduit caché dans des bacs à canne transportés par bateau de la Barbade, vers 1910.

Outre des activités de prospection, il est organisé à chaque visite des réunions d'information et de formation.



Hoplochelus marginalis adulte en attente d'accouplement

Le coupable dans le sol

Le cycle biologique complet d'*Hoplochelus marginalis* est caractérisé par la succession de quatre états biologiques distincts : l'œuf - les larves - la nymphe - l'adulte.

L'œuf



Pondus par les adultes dans le sol, les œufs sont sphériques (un millimètre au moment de la ponte, deux millimètres après absorption de l'eau du sol), de couleur blanche, et pourvus d'une coque résistante. **Chaque**

ponte contient de 10 à 15 œufs. Les dépôts se font généralement en plusieurs fois. Chaque reproductrice dépose au total entre 40 et 60 œufs. A une température de 25°C, l'incubation (délai écoulé entre la ponte et l'éclosion) dure de 15 à 21 jours.

Les larves



Les nouveau-nés sont des larves de premier stade. La longueur totale du corps varie de 0,3 à 0,5 cm. La largeur de la tête (ou capsule céphalique) est en moyenne de 1,7 mm. De couleur blanche, les premiers stades

sont peu mobiles et se nourrissent de matière organique. Leur poids n'excède pas 70 milligrammes.

Après une mue, le deuxième stade apparaît. La larve est plus grande : 1,5 cm pour la longueur du corps, 3,4 mm pour la largeur de la capsule céphalique, toujours de couleur blanche. Elle est un peu plus mobile. Son développement complet demande un mois.

Après une autre mue, le troisième et dernier stade larvaire connaît une forte croissance pondérale. Il est beaucoup plus gros que le précédent : 5 à 6 cm pour la longueur du corps, 5,4 mm pour la largeur de la capsule céphalique.

Il met 4 à 5 mois pour multiplier par 300 à 500 fois son poids initial en se chargeant de graisses. Beaucoup plus mobile, il passe facilement d'une racine à une autre.



On trouve ces larves à une profondeur de 20 à 30 cm sur les racines de canne à sucre, et à moins de 5 cm de la surface sous un couvert d'herbes. Les larves âgées montent et descendent dans le sol selon les contraintes alimentaires, hydriques et thermiques.

Les larves de troisième stade se regroupent chaque année du mois de mars au mois d'août au niveau des souches de canne, puis devenues matures, elles se dispersent dans l'inter-rang et s'enfoncent entre 20 et 40 cm dans le sol pour entrer en état de prénymphe.



► La nymphe



Pour préparer sa nymphose, la larve âgée de troisième stade ne s'alimente plus. Elle vide son intestin et se forme une loge aux parois lissées grâce à ses mouvements de rotation. Bien à l'abri, la prénymphe va subir sa dernière mue qui apparaît sous la forme d'une peau ratatinée (ou exuvie) à l'extrémité d'une momie jaune immobile couverte d'une nouvelle cuticule cirée. La nymphose proprement dite dure de 15 à 21 jours à 25°C. Elle est le lieu de profondes transformations des organes.

Les premiers adultes issus de cette mue imaginale apparaissent généralement chaque année en octobre après les premières pluies qui humidifient le sol.

Le coupable hors du sol

▶ L'adulte

La sortie de terre des adultes a lieu à partir des mois **d'octobre et novembre** à Madagascar et sur l'île de la Réunion, simultanément avec la première pluie efficace pour la réhumidification du sol (entre 10 et 20 mm d'eau). Les adultes ressemblent à des scarabées. Leur forme de hanneton ne rappelle plus rien de celle des vers blancs dont ils sont issus. A l'émergence, la proportion de mâles et de femelles est sensiblement la même.

L'adulte est toujours ailé. La longueur de son corps varie de 15 à 24 mm. Le dessus du corps est brun, le dessous est blanc d'où son nom vernaculaire en malgache "Voangory fotsy vody" qui signifie "hanneton à cul blanc". Le vol se fait à la tombée de la nuit, lorsque les silhouettes des arbres sont justes encore visibles (luminosité de 3 à 6 lux). Les ailés volent à basse altitude, en rasant la végétation et en suivant les lignes d'arbres. La dispersion de l'ensemble d'une population est faible, environ 2 km par an en moyenne, 4 km au maximum, en conditions expérimentales, car ils trouvent très vite et sur de courtes distances, les perchoirs, l'alimentation et les lieux de ponte, qui leur conviennent.

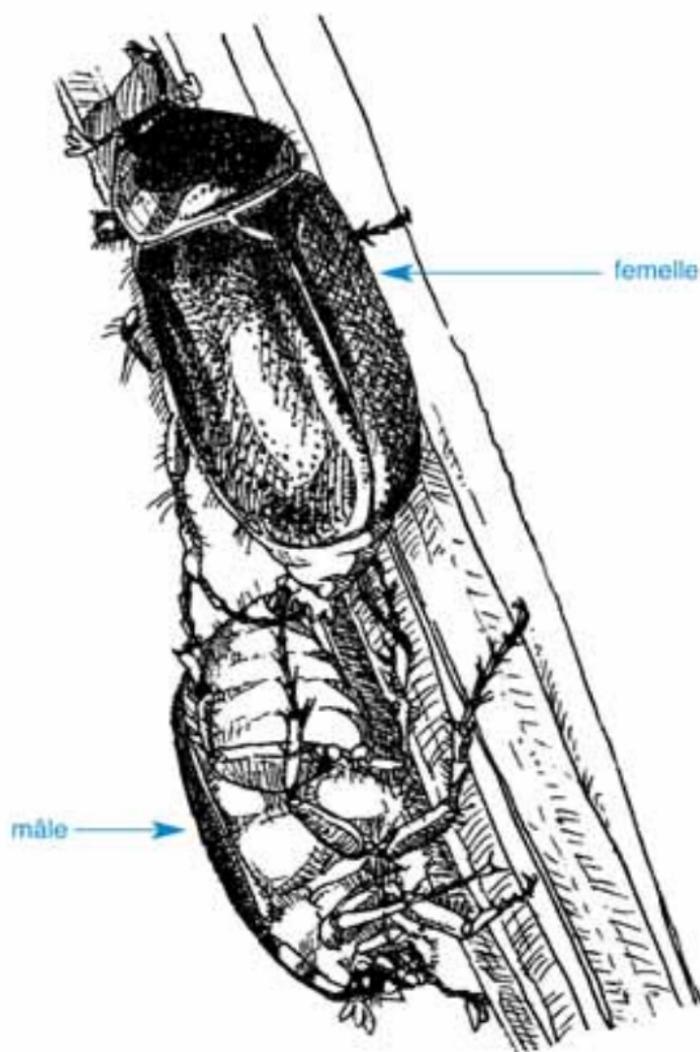
Un accouplement se produit en début de vie imaginale et dure de 8 à 15 minutes. L'accouplement se produit car le mâle est attiré par les odeurs ou phéromones émis par la femelle. Ce premier accouplement est suivi un mois après par un deuxième accouplement.

Les femelles fécondées se laissent tomber à terre et s'y enfoncent pour pondre 10 à 60 œufs en plusieurs fois à une profondeur de 2 à 8 cm. Les adultes se nourrissent peu, à peine 1 à 2 cm² chaque jour de feuilles de leur hôte végétal (faux poivrier, manguier, prunier malgache, etc.). Au lever du soleil les adultes retournent au sol, par un vol non directif. Ils passent toute la journée à une faible profondeur dans du terreau ou de la terre molle.

La longévité moyenne des mâles est de 2 mois, celle des femelles de 3 mois. Le nombre d'œufs pondus diminue au fil des générations si l'environnement est anormalement frais ou sec, ou encore si les larves connaissent une fin de développement difficile.

Les temps de développement biologique varient selon la température. Le cycle reproducteur est allongé de 1 à 1,5 mois lorsque le hanneton vit à des altitudes élevées (900 à 1 000 m).

Au laboratoire, la totalité du développement de *Hoplochelus marginalis* demande 8 mois à 25°C.



Couple d' *H. marginalis* en position d'accouplement.

Un cycle de vie programmé

Octobre - novembre et décembre :

Les hannetons sortent de terre juste après le crépuscule à partir d'octobre, à la faveur d'une première pluie. Ils ont un **comportement semi-grégaire** en rapport avec le paysage végétal. L'envol se produit 20 minutes après le coucher du soleil. La fin du vol est observé entre 19 h en début novembre et 20 h en début janvier. L'accouplement se produit pendant ces périodes d'activité hors sol et dure une dizaine de minutes. Il a lieu sur des supports situés entre 50 cm et 3 m de hauteur dans la nature ou les jardins.

Janvier - février :

Après un délai d'incubation de deux à trois semaines, les œufs éclosent. Les larves de premier et de deuxième stades sont peu mobiles.

Mars à août :

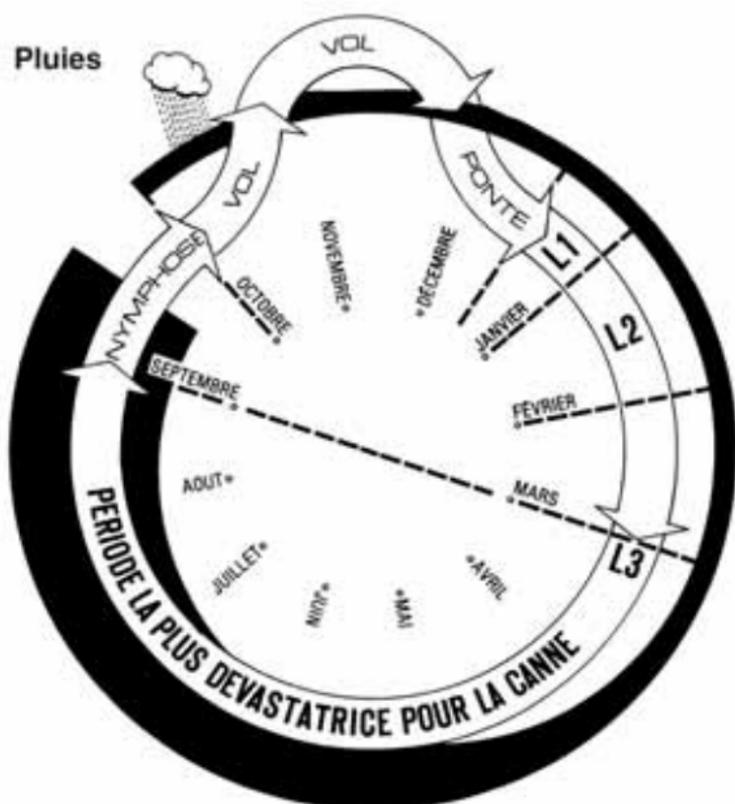
Les larves de troisième stade sont plus mobiles, **très voraces** et à durée de vie longue. Elles provoquent des dégâts importants sur la végétation.

Août - septembre :

La larve de troisième stade, gorgée de réserves adipeuses, entre dans une phase de repos avant sa nymphose. La nymphe est immobile dans un état biologique s'intercalant entre la larve et l'adulte. Elle est observable en septembre et octobre. La mue nymphale a lieu dans le sol.

L'ensemble du cycle biologique d'*Hoplochelus marginalis* dure un an. Il est très bien calé avec la fréquence de replantation de la canne à sucre qui s'intensifie avec l'arrivée des pluies.

Pendant la saison sèche de mars - avril à septembre - octobre, l'*Hoplochelus marginalis* n'est présent dans le sol qu'à l'état de larve active de troisième stade et en fin d'évolution de nymphe. La saison des pluies placée entre octobre et mars pour Madagascar et l'île de la Réunion est favorable à la sortie des hannetons, à l'incubation des œufs et au développement des jeunes larves.



Le cycle biologique annuel de *Hoplochelus marginalis*.

Source : Conseil académique des programmes (la Réunion). Commission Sciences naturelles. Le ver blanc *Hoplochelus marginalis* à la Réunion, 1992, repris de SPV/Irat, 1983.



Gros plan sur le raster situé à l'extrémité ventrale de l'abdomen de *H. marginalis*.

Les habitats choisis

► Le choix initial

Le genre *Hoplochelus*, endémique de Madagascar, comporte une dizaine d'espèces différentes.

L'une d'elles, *Hoplochelus marginalis* Fairmaire, arrive au nord ouest de l'île de la Réunion dans la région de La Possession et de Le Port, probablement en 1972.

Les premiers dégâts constatés en 1981 dans des plantations de canne à sucre, font croire au début que ce ravageur est limité à cette culture et qu'en conséquence, il suffirait de lutter contre lui au niveau de ces champs pour en venir à bout.

► Une réalité plus complexe

La réalité se montre plus complexe, comme la presse s'en fait largement écho en 1985.

En effet, à des densités de 5 à 6 fois moins élevées que sur la canne à sucre, on trouve aussi des vers blancs en périphérie :

- sur les racines des plantes adventices dans les champs de canne,
- sur les racines d'autres plantes installées dans des biotopes différents,
- occasionnellement dans les sols sans végétation en surface,
- rarement dans des sites à déchets (copeaux de bois, décharge d'ordures, lots de cartons).

► Un peu partout

Dans ces conditions, toutes les formations végétales cultivées ou non sont susceptibles d'héberger le ver blanc. Elles constituent autant de réservoirs potentiels où il peut se multiplier et **réinfecter à terme les parcelles de canne à sucre traitées**. Les cultures maraîchères (pois, citrouilles, oignons) et horticoles (géraniums, fleurs d'ornement), les friches et les jachères, les zones sauvages ou anthropisées par les déchets agricoles ou autres, peuvent servir de refuge au ravageur qui se nourrit des racines des plantes qui y poussent : plantes cultivées (canne) ou sauvages (graminées, chiendent, maïs gratté, herbe anglaise, pistache, indigo, verveine bleue). Le fauchage de l'herbe n'affecte pas la survie des vers blancs.

► La notion de réservoir

Sans traitement, l'essentiel de la population de vers blancs se concentrent dans les cultures de canne à sucre (98 %) mais **les 2 % restants hors parcelles de canne constituent une source potentielle de réinfestation des champs traités.**

► Sur plusieurs horizons de sol

Les larves de deuxième stade vivent généralement plus près de la surface du sol que les larves de troisième stade. Elles sont localisées à 86 % dans les premiers 10 cm. Les larves plus âgées peuvent descendre beaucoup plus bas, jusqu'à 40 cm pour la nymphe. En cas de sol nu ou de sol recouvert de déchets organiques (terreau, ordures ménagères), les larves viennent en surface ou se dispersent dans les accumulations de substances en décomposition.

► Les gros vers blancs

Les plus gros dégâts sont imputables aux larves de troisième stade qui sont mobiles, voraces et à durée de vie longue. La défoliation due aux adultes a un impact négligeable. Les œufs et les nymphes ne causent aucun préjudice, ces états biologiques étant immobiles et ne s'alimentant pas. Les larves de premier et de deuxième stade sont peu agressives. Elles se contentent de déchets organiques, de radicelles ou de petites racines non vitales pour la plante.



Racine de géranium écorcée par les vers blancs.

Des plantes sinistrées

▶ Les premières évidences

Les souches de canne attaquées sont caractérisées par un chevelu racinaire amputé par les vers blancs que l'on découvre en place, à la stupéfaction des premiers agriculteurs sinistrés.

▶ Les plus attaquées

- les plantes cultivées semi-pérennes : canne à sucre bien sûr, mais aussi géranium rosat, poivrier, fraisier, ananas, banane, plantes ornementales comme le rosier,
- les cultures associées à la canne : haricot, arachide,
- les autres cultures disponibles : riz, pomme de terre, maïs,
- les cultures maraîchères : choux, oignons, persil, thym, piment et les condiments,
- quelques ligneux : jeunes manguiers, jeunes cyprès,
- le gazon, les prairies, les graminées sauvages.

Deux cultures semblent repousser le ver blanc : plants de tomate de plus de 3 semaines et tabac.



Une attaque de vers blancs sur la pomme de terre.

▶ Une observation de terrain

Une plante souffrant de la sécheresse est moins appétante pour les vers blancs. Dans les mêmes conditions d'infestation, une plante saine supporte 3 à 5 vers blancs alors qu'une plante stressée n'en tolère que 2 ou 3.

► La perte de rendement

La perte de rendement est évaluée de 25 à 40 % en tonnage sur le front de l'invasion. Ce dernier se déplace au fil des années comme une onde sur les plaines Nord et Sud de l'île de la Réunion :

- **en 1987**, les pertes de 7 à 10,5 % créent un manque à gagner de 3 à 4,6 millions de francs français (450 000 à 700 000 euros),
- **en 1988**, 35 % de la production agricole finale, 55 % de la surface agricole utile et 78 % de la valeur des exportations connaissent des baisses imputables à la présence du ravageur,
- **en 1989-90**, le préjudice économique est de 9 à 13,5 millions de francs français (1,4 à 2,1 millions d'euros), ce qui correspond à un déficit de 30 000 à 45 000 tonnes.

► L'impact direct

Les dégâts les plus importants sont directs. Une plante dont les racines sont sectionnées ne peut plus se nourrir, ni s'hydrater. Les parties aériennes flétrissent, jaunissent et meurent. Les repousses sont de petite taille lorsqu'il s'en produit. Les boutures peuvent être trouées de part en part.



Au second plan, fin de cycle d'un champ de cannes attaquées par le ver blanc. Au premier plan, quelques repousses.

Des dégâts moins apparents s'y ajoutent par les blessures infligées au système racinaire qui servent de voie d'entrée à certaines maladies telluriques (virus, bactéries, champignons).

Les trois degrés de souffrance

Le seuil de tolérance est défini par le nombre de vers blancs susceptibles de provoquer la verse de la canne à sucre (plants à port incliné ou couché sur le sol à cause des maladies, des pluies, du vent).

L'expérience montre :

- qu'un champ de canne supporte en moyenne 30 000 larves âgées de ver blanc par hectare. En deçà de cette densité, un traitement risque de coûter plus cher que les pertes dues au ravageur (cf. SNE),
- que le seuil de tolérance dépend de la plante concernée : un plant de tomate supporte la présence de 10 vers blancs, un plant de haricot de 2 à 3 vers blancs seulement.

Le seuil de souffrance physiologique est déterminé par le nombre de vers blancs suffisant pour provoquer un inconfort de croissance et de développement pour les plants atteints. Un seul ver blanc par souche de canne sensible affecte la production sans pour autant induire la verse.

Le seuil de nuisibilité économique ou SNE est le rapport entre le nombre d'individus d'un ravageur d'un stade précis et une unité végétale représentative de la plante-hôte. L'expérience montre que 3 vers blancs par souche de canne à sucre représentent le seuil à partir duquel le rendement habituel de 50 à 60 tonnes par hectare dans la région ouest, est significativement diminué. Cette tolérance est portée à 5 vers blancs par souche soit 0,7 et 1 vers blanc par tige, pour certaines variétés de canne à forte repousse racinaire.

Les objectifs des agriculteurs victimes des attaques de vers blancs sont :

■ **dans les zones cultivées :**

- abaisser les effectifs de vers blancs en dessous du seuil de tolérance, l'acceptation d'une population résiduelle étant liée à des facteurs économiques,
- élever le seuil de tolérance des variétés de canne cultivées,
- assainir le sol en substituant aux plantes très attaquées, des plantes dissuasives (tabac, tomate, laurier).

■ **hors des zones cultivées :**

- réduire l'importance des populations de vers blancs dans les biotopes réservoirs,
- limiter la recolonisation des zones traitées par les hannetons venant de zones non traitées.

La fin du premier acte

Au terme d'une enquête méthodique, l'identité du bio-envahisseur est formellement établie.

On connaît son nom (nom de genre), son prénom (nom d'espèce), sa parenté (taxinomique).

Des informations sont aussi disponibles sur son pays d'origine, son statut économique antérieur, ses parrains scientifiques, son mode de vie.

De lourdes présomptions pèsent sur les passeurs involontaires, le processus d'infiltration discrète à proximité d'un port, son potentiel de nocivité, sa dangerosité économique, son pouvoir de nuisance et sa croissance démographique.

L'acte I s'achève sur ce portrait robot du bio-envahisseur démasqué.



Il reste maintenant à le contrôler par tous les moyens que la science et la pratique permettent de mettre en œuvre en milieu insulaire. L'enquêteur chercheur poursuit ses investigations, aidé par un grand nombre d'acteurs concernés par le drame.

Pour quelles raisons un hanneton inoffensif à Madagascar est-il devenu un ravageur à l'île de la Réunion ? Du fait qu'il s'est intéressé à une culture de rente importante : la canne à sucre et qu'il n'y avait pas d'organismes antagonistes pour limiter sa prolifération.

L'introduction de ce bio-envahisseur a-t-elle été volontaire ou involontaire ? Elle a été involontaire et probablement liée à un retour de populations humaines venant de Madagascar.

Pourquoi a-t-il fallu attendre 10 ans pour que le statut de ravageur de ce hanneton devienne évident pour tous ? Le démarrage a été très lent, car on suppose que le nombre d'individus importés était faible et que le ver blanc s'est cantonné d'abord aux plantes ornementales du site d'introduction.

La lutte par des moyens mécaniques aurait-elle suffi pour contrôler le fléau ? Non, du fait que cette lutte efficace n'est pas recommandée car l'île est sensible à l'érosion.

La lutte par voie chimique a-t-elle été efficace à elle seule ? Oui, mais à des coûts financiers et environnementaux élevés.

En quoi la lutte biologique a-t-elle été déterminante ? Elle est venue compléter puis remplacer la panoplie des autres méthodes de contrôle des populations du ravageur pour un coût modique et de façon durable en respectant l'environnement.

A quoi tient l'apparente dégénérescence de l'espèce au terme de 36 ans ? A plusieurs causes mal identifiées : dégénérescence génétique, maladies inconnues.

Le bio-envahisseur est-il maintenant un des éléments des écosystèmes réunionnais ? Il le devient chaque année un peu plus.

Pour quelle raison le champignon tueur renferme-t-il autant de souches différentes ? Il est dans sa nature génétique de varier beaucoup. C'est une condition au maintien de la conservation de son efficacité.

L'efficacité de l'entomopathogène est-elle toujours optimale ? Non, car elle dépend des probabilités de rencontre avec le ver blanc et de sa virulence.

La lutte biologique ne présente-t-elle aucun risque pour les organismes non ciblés ? Dans ce cas précis, il est très faible, sauf pour certains coléoptères. A Madagascar, il existe une spécificité si étroite entre l'espèce de champignon utilisée et le ver blanc qu'aucune autre espèce de ver blanc n'est affectée. Dans un cadre plus général, toute opération de lutte biologique doit être précédée d'une étude d'impact sérieuse.

De quoi vit le champignon tueur en absence de hanneton ? De résidus organiques trouvés dans l'humus.

Pourquoi est-il peu utile de capturer les adultes par la lumière ? Car ils ont déjà pondu dans le sol.

La technique du trempage du hanneton dans des spores de champignon est-elle toujours recommandée ? Oui, elle est efficace mais elle rend le processus de dissémination incontrôlable au plan géographique. Elle est toutefois utile pour compléter les traitements des zones cultivées.

Y a-t-il eu des conflits d'intérêt ? Bien sûr.

Qui a profité le plus de l'invasion du ver blanc ? Le fournisseur d'insecticide.

En quoi cet épisode est-il un modèle et une source d'enseignement ?
Il correspond à un schéma d'invasion biologique qui va se reproduire. Ce livret éducatif est l'un des vecteurs de partage de l'expérience vécue et des savoirs acquis vers le plus grand nombre.

Pour quelles raisons, les dégâts les plus importants ont-ils été constatés sur la canne à sucre ? A cause des superficies concernées, de la nature du sol et de la valeur économique de cette culture industrielle.

Qui a le plus souffert des dégâts imputables au bio-envahisseur ?
Les petits agriculteurs.

Que se serait-il passé sans mesures particulières ? Une remise en cause de l'économie des systèmes canniers à l'île de la Réunion.

Les médias ont-ils joué un rôle dans la mobilisation des compétences ? Oui.

A-t-il été créé un panneau de signalisation anti-ver blanc ? Oui (voir p. 35).

La tendance en 2008 est-elle à l'amélioration de la situation phytosanitaire ?
Oui, avec des réserves relatives au maintien de la vigilance.

Faut-il maintenir un réseau minimal de surveillance ? Oui, afin de s'assurer de la présence du champignon dans le sol. Une technique moléculaire de détection est en phase finale de développement.

La muscadine attaque-t-elle d'autres insectes que le ver blanc ? Quelques uns au laboratoire mais ce n'est pas le cas dans la nature.

En quoi l'île Maurice a-t-elle été concernée par ce fléau ? Elle aurait pu être envahie par ce ver blanc et voir sa culture de canne à sucre compromise.

A-t-on évalué avec précision l'impact économique du ver blanc à l'île de la Réunion de 1981 à 2008 ? Non, mais l'ordre de grandeur est de plusieurs dizaines de millions d'euros.

L'invasion du ver blanc a-t-il malgré tout des aspects positifs ? Oui, dans la modernisation de la culture de la canne (remembrements, replantations, surveillance phytosanitaire).

La lutte agronomique

► Le cas de la canne à sucre

La sensibilité variétale

Hoplochelus marginalis est initialement perçu comme un ravageur de la canne à sucre. Les souches atteintes, privées de racines, flétrissent, jaunissent et versent au moindre coup de vent. Certaines variétés sont plus sensibles que d'autres à nombre égal de vers blancs par chevelu racinaire. Aussi, les variétés sensibles comme R 339 et S 17 sont-elles remplacées par une autre plus résistante comme R 570 qui est capable de produire de nouvelles racines après attaque.

Le travail du sol

Les labours en fin de cycle diminuent de 80 % le nombre de vers blancs, surtout s'ils sont doublés ou croisés. L'inconvénient est qu'ils ne peuvent se faire qu'en fin de cycle de la canne, donc une seule fois par an. Un retournement des sols sur 20 cm a pour effet d'encourager les vers blancs survivants à s'enfouir à 40 cm. Le labour est impossible à faire en zones non cultivées et n'est pas recommandé sur les fortes pentes à cause de l'érosion hydrique qui entraîne les terres fertiles. Le binage fait remonter les vers blancs, ce qui a pour effet de les exposer aux oiseaux, aux fourmis et de les faire se dessécher au soleil. La mortalité induite par ce procédé varie de 20 à 70 %.

L'irrigation

L'irrigation est préconisée, soit par canaux, soit au goutte à goutte, dans l'idée de rendre le milieu moins favorable au ver blanc et d'offrir aux plantes cultivées une meilleure capacité de régénération racinaire.

La nature du sol

Les terres les plus argileuses sont moins propices au ver blanc. Il reste difficile d'y voir une recommandation agronomique car elles présentent d'autres facteurs limitants pour les cultures. La zone de Savanna (Saint-Paul) s'est montrée indemne de vers blancs car la nature collante du sol gêne leurs mouvements dans le sol.



Regroupement d'adultes d'*H. marginalis* sur une branche d'arbre.

► Le cas du géranium

Une autre plante industrielle, le géranium, fleuron de l'agriculture des Hauts de l'ouest de l'île de la Réunion a été également attaqué par le ver blanc. Après avoir tenté de modifier les dates de plantation et les techniques de travail du sol, il a été recommandé d'effectuer :

- un labour préalable à la plantation entre janvier et mars pour détruire de 50 à 80 % des vers blancs en place,
- un sarclage entre les lignes de géranium jusqu'à 6 à 8 cm de profondeur après plantation afin de détruire de 30 à 50 % des vers blancs survivants.

L'irrigation qui avait l'avantage d'écartier le ver blanc de la zone racinaire a entraîné des pertes de nutriments pour les plantes.

En revanche la mise en place d'une couverture permanente du sol par une légumineuse ou une graminée fourragère, contrôlée à l'herbicide, détourne une partie des vers blancs des racines du géranium. La production d'essences à parfums s'en trouve triplée.

Le hannetonnage

► D'octobre à janvier

Le hannetonnage consiste à capturer tous les hannetons rencontrés à l'air libre entre le mois d'octobre et le mois de janvier. Le vol étant essentiellement crépusculaire et les ailés attirés par la lumière, l'idée d'utiliser des pièges lumineux est venue naturellement dès 1981. Il suffit d'adjoindre au système d'attraction (la lumière) un système d'interception (le piège) pour le rendre automatique. A noter que les hannetons envahissent facilement les maisons dont les portes et les fenêtres sont ouvertes en début de nuit pour évacuer la chaleur accumulée à l'intérieur dans la journée.

► La lumière dans la nuit

Les essais de renforcement de l'attractivité lumineuse par une attraction olfactive en utilisant des substances comme le phénol, l'eugénol, le transanéthol, l'acétate d'iso-amyl, le géraniol ou l'essence de faux - poivrier, ont été décevants.

► Pas le jour

Les prélèvements de jour sont difficiles car les hannetons ont l'habitude de se dissimuler dans les couches meubles superficielles du sol et sous les déchets végétaux.

► L'encouragement à participer

Le hannetonnage est encouragé pour faire participer les enfants à l'effort collectif de lutte. Des concours sont organisés. Des primes sont offertes. En 1984, il est offert 15 francs français (2,30 euros) par bouteille pleine de hannetons. Le tarif est ramené à 10 francs français (1,50 euros) par bouteille l'année suivante, compte tenu du succès populaire. Les meilleurs chasseurs se voient offrir un voyage par avion à l'île Maurice. En 1986, un sénateur-maire s'investit publiquement pour la promotion du hannetonnage.

► Quelques doutes

Spectaculaire, médiatisable, participative, la capture des ailés est populaire mais elle contribue beaucoup moins qu'il n'y paraît à l'épuisement des populations de ver blanc pour la simple et évidente raison que les captures de hannetons ont lieu **le plus souvent après la ponte** des femelles dans le sol. L'accouplement et la ponte se produisant très peu de temps après l'émergence, les adultes attrapés ont déjà accompli l'essentiel de leur fonction reproductrice. Ils ne causent pas de dégâts sensibles sur la végétation. Leur mort naturelle est déjà programmée. Il est peu avantageux de la précipiter.



Appariement de nuit d'un couple de hannetons, avant l'accouplement.

► Un bon conseil

Il est recommandé de faire porter l'effort de collecte sur les couples formés en début de vol car les femelles ne pondent qu'après l'accomplissement complet de l'accouplement. Capturer un couple en position d'accouplement revient donc à empêcher le dépôt en une ou plusieurs fois d'un lot d'œufs dans le sol. Le hannetonnage ciblé est alors suffisamment utile dans ces conditions pour que la participation des jeunes à l'effort collectif soit encouragée.

La lutte chimique

Dès l'apparition du ravageur, la nécessité d'utiliser des insecticides chimiques pour contenir le fléau pendant le temps nécessaire à la mise au point de méthodes biologiques, s'est imposée.

► La recherche de cibles

Il est rapidement constaté que le traitement chimique des hannetons, donc des adultes, est peu efficace et même décevant, les pontes ayant lieu peu de temps après la mue imaginale. De plus, les adultes ne se regroupent pas en des sites privilégiés et sont largement répandus dans les lieux habités, attirés par les lumières nocturnes.

Les seules cibles intéressantes sont dans le sol sous la forme d'œufs, de larves et de nymphes. De ces trois états biologiques, seul l'état larvaire représente une cible réaliste pour le traitement, à cause de la probabilité beaucoup plus grande de rencontre avec des principes actifs insecticides. Les œufs après hydratation, et les nymphes dans leurs loges sont immobiles et ont peu d'échanges avec les milieux proches. Des trois stades larvaires, **les larves de troisième stade, les plus âgées, sont les plus nocives** : elles se déplacent d'une racine à une autre. Voraces, elles vivent plusieurs mois dans le sol. **Elles sont donc la cible prioritaire.**

► Les insecticides testés

Six matières actives sont expérimentées :

- le lindane (organochloré) Lindafor® flo,
- le chlormephos (organophosphoré) Dotan®,
- l'isazophos (organophosphoré) Miral® (nématocide),
- l'éthioprophos (organophosphoré) Mocap® (nématocide),
- le chlorpyrifos-éthyl (organophosphoré) Dursban® - Suscon®,
- le carbofuran (carbamate) Carbofuran® - Curater®.

► La préférence

Après des premiers traitements d'urgence au lindane, le chlorpyriphos-éthyl apparaît dès les premiers essais comme la matière active organophosphorée la plus efficace contre le ver blanc. Deux formulations commerciales sont connues au moment des essais, le Dursban® (5 % de matière active) et le Suscon® (14 % de matière active sous forme de granulés de polymères hydrocarbonés). L'un comme l'autre sont à incorporer au sol au moment des replantations.

La préférence est donnée au Suscon®, fabriqué en Australie et importé par Botanica, une société réunionnaise. L'effet retard garanti est de trois ans. La mortalité induite sur le ver blanc est évaluée de 60 à 80 % sur l'ensemble de sa vie larvaire.

Le nom commercial original Suscon® prononcé à la française est apparu rapidement peu favorable à la promotion de ce produit dans un espace francophone frondeur. Il est transformé en Suxon® pour ne plus être matière à plaisanterie facile.

Dès 1985 le produit est importé d'Australie pour lutter contre le ver blanc. Il est ensuite utilisé seul sans interruption, puis en mélange à partir de 1989 avec des agents biologiques mycoïnsecticides.

► Du bon usage

Le Suxon® se présente sous forme de granulés bleus de polymères poreux permettant une diffusion lente de la matière active, le chlorpyriphos-éthyl. Le produit formulé est déposé au pied de chaque bouture pour protéger les chevelus racinaires. Le conseil d'usage est de mettre les granulés au bord et au fond de l'ouverture faite au moment de la replantation de la canne (sans contact pour éviter l'écorçage), à raison d'une dose de 30 kg par hectare pour une protection espérée de 3 à 4 ans. Après mise au point de la lutte biologique, cette quantité a été ramenée à 7,5 kg de Suxon® par hectare selon un protocole établi en 1997.

L'usage du lindane pour le traitement du sol est interdit en 1998, suite à une campagne de presse orchestrée dès 1981 par des écologistes contre cet organochloré.

Le Conseil général finance à 85 % ces traitements chimiques, tout en soutenant des projets pour d'autres formes de lutte non chimiques.

Les ennemis locaux

Localement, les hannetons sont attaqués par les araignées, les caméléons, les crapauds, les poules, les chats, les chiens et les oiseaux insectivores sauvages.

On observe aussi des cas de parasitisme sous forme :

- de bactéries, dans les bourses copulatrices des femelles de hannetons,
- de grégarines, dans l'hémolymphe des vers blancs et des hannetons,
- de nématodes du type *Mermis*, dans moins de 1 % des populations.

Mais les individus touchés constituent une proportion négligeable des populations.

De plus, sur un prélèvement de 5 200 vers blancs réalisé en 1982 à la Réunion, l'Inra n'a trouvé aucun ennemi microbiologique naturel autochtone efficace.

Dans ces conditions, il est logique pour les scientifiques d'aller prospecter dans l'île d'origine de ce hanneton, Madagascar, afin **d'identifier des ennemis naturels efficaces et importables** sans risque écologique sur l'île de la Réunion.

L'importation du tueur

► La découverte

En mars 1987, lors d'une prospection méthodique sur les Hauts Plateaux malgaches, des populations de larves ressemblant à *Hoplochelus marginalis* sont repérées parmi une dizaine de vers blancs différents grâce à la forme du "raster" (arrangement spécifique de poils situés à l'extrémité ventrale de la larve). Certains vers blancs de taille analogue mais méconnaissables, étaient recouverts d'un manchon blanc ou jaune formé par les hyphes d'un champignon. Ces échantillons larvaires ont été partagés entre le Fofifa et l'Irat. Les élevages faits par le Fofifa ont confirmé la présence de deux espèces d'*Hoplochelus* dont *H. marginalis*.

► Mise en place des premiers tests

De mai à juillet 1987, ce champignon encore inconnu est transmis aux larves réunionnaises par frottement ou contact avec de la terre où avait séjourné une larve malade.

En mars 1988, deux tests préliminaires sont réalisés en plaçant ces larves dans des rigoles creusées le long des lignes de canne à sucre, à 15 cm de profondeur.

Les premières larves autochtones avec un manchon mycélien apparaissent en juillet à un taux de 10-15 % qui s'élève un an après (juillet 1989) à 30-90 %.

Parallèlement, une nouvelle coopération s'engage avec l'Inra (envoi en août 1987 de larves infectées sous le numéro RV 1905 pour détermination, mission en Australie en octobre 1987, stage de caractérisation du champignon en 1988 et 1989 d'où sortira la souche Bt96 et réalisation d'essais agronomiques à partir de 1989).

► Les essais d'homologation

Une coopération s'engage entre l'Irat, l'Inra, la FDGDEC et Calliope (NPP) pour la mise en place de 8 essais agronomiques entre 1989 et 1993 en vue de constituer la partie biologique du dossier d'homologation. Les traitements comparent deux doses de champignons (1.10^{13} et 6.10^{13} spores/ha), deux formes d'application : du riz sporisé (unité de production locale) ou des granulés d'argile recouverts de spores (brevet Inra/Calliope) et trois stratégies d'action (champignon ou insecticide seul ou en mélange).

Parmi les résultats obtenus, il faut noter :

- une réduction des populations de vers blancs en dessous du seuil de nuisibilité,
- aucune différence entre les doses de traitement,
- la nécessité d'une lutte conjuguée avec une dose réduite d'insecticide car la montée en puissance du champignon est lente (sur deux ans).

Après des essais infructueux d'importation de métropole (rupture de la chaîne du froid), une unité de production locale de riz sporisé est construite (société Betel Réunion). Inaugurée en juin 1997, la première production est livrée en juillet. Le traitement préconisé initial était de 25 kg de Betel® + 7,5 kg de Suxon®.

En 2008, des études se poursuivent pour décider de l'arrêt des traitements obligatoires, compte tenu de la baisse régulière des populations de vers blancs constatée lors de chaque prospection FDGDON/Cirad/Université.

De grands moments

- 1981 Révélation du ravageur *Hoplochelus marginalis***, introduit accidentellement à l'île de la Réunion, probablement plusieurs années avant la constatation de dégâts sur la canne à sucre. **Premières recherches sur la bio-écologie de l'insecte.**
- 1982 Espoir de lutte biologique** à partir de champignons parasites des coléoptères.
- 1983** Recherches annoncées sur des guêpes et des champignons du genre *Metarhizium*. Les premiers essais sont encourageants.
- 1984** La recherche à Madagascar de champignons tueurs de vers blancs et de hannetons se poursuit.
- 1985** A l'île Maurice, la lutte biologique contre le ver blanc *Clemora smithi* est prise comme exemple. Des collaborations sont nouées avec l'Inra pour identifier des champignons pathogènes. Les essais avec l'introduction de guêpes parasites ne sont pas concluants.
- 1986** Essais d'utilisation d'agents biologiques comme les souches de *Metarhizium* (10 à 15 %) mais l'efficacité est jugée insuffisante (10 % de mortalité des vers blancs). Pas d'espoir immédiat.
- 1987 Découverte par Bernard Vercambre de l'Irat et des chercheurs de l'Inra, du champignon entomopathogène *Beauveria brongniartii* à Madagascar.** Les hyphes sont de couleur blanche (d'où le nom muscardine blanche) à la différence de ceux du *Metarhizium* qui sont de couleur verte (muscardine verte).
- 1988** Annonce peu sérieuse dans la presse locale de perspectives biologiques d'utilisation d'un crapaud amazonien comme auxiliaire biologique. Les journalistes parlent d'une traque de sept ans, des échecs de l'introduction des guêpes fouisseuses, des espoirs des champignons blancs et verts, des investigations sur des bactéries et des grégarines. *Beauveria brongniartii* est obtenu par contact ou cultivé sur brisures de riz. Le support mélangé au champignon sous forme de spores est appelé "riz sporisé". La production est artisanale. Quinze tests sont mis en place.
- 1989** Des taches noires apparaissent sur certains vers blancs. Beaucoup d'hypothèses : symptômes d'une maladie, d'un parasite, d'une dégénérescence des souches. Pas de certitude. Création d'une unité artisanale de production de *Beauveria brongniartii* sur brisures de riz en milieu stérile. Mortalité provoquée d'au moins 50 % sur le ver blanc. Problèmes du stockage au frais (5°C) du riz sporisé. Perspectives intéressantes à combiner avec la lutte chimique. Un espoir : fabriquer le premier bio-granulé des tropiques à enfouir près des souches de canne plantées ou replantées.
- 1990** Montée en puissance des perspectives offertes par *Beauveria brongniartii* 9 ans après l'entrée du ver blanc. Le riz sporisé est utilisable 21 jours s'il est conservé à + 5°C. Les premières distributions sont gratuites. Des brouettes épanduses sont utilisées pour les applications au sol. Production de petites quantités de spores sur des granulés d'argile : le Betel® est né (collaboration NPP/Inra).

- 1991** Optimisation des techniques de production. Production de 2 tonnes de riz sporisé. Essai concluant du riz sporisé en mélange avec des granulés de Suxon®.
- 1992** Rappel des efforts accomplis en lutte biologique : une trentaine d'organismes introduits. Echecs avec les guêpes fouisseuses du genre *Scolie* introduites en 1983, 84 et 86. Demi-succès avec *Metarhizium* (muscardine verte), et succès avec *Beauveria* (muscardine blanche).
Promesse économique : réduction des coûts (*Beauveria* + Suxon® = 50 % du prix du traitement chimique seul). Processus d'homologation du champignon pathogène en cours pour le traitement de la canne à sucre.
- 1993** Fin des essais d'homologation. Le produit biologique doit être conservé au frais, entre 4 et 15°C, à une hygrométrie de 65 %. Si la température est trop élevée, le champignon se développe et rend impossible l'épandage. L'utilisation d'un support à partir de microgranulés d'argile paraît être une solution industrielle. Identification des caractères génétiques de la souche utilisée.
- 1994** Obtention d'une autorisation provisoire de vente du Betel® pour un usage limité aux champs de canne à sucre.
Essais complémentaires pour obtenir l'autorisation d'extension d'usage à d'autres cultures attaquées par le ver blanc (fraise, ananas, prairie).
Production de 2,8 tonnes de riz sporisé pour des essais limités à 75 ha. Prévision de production industrielle de Betel® : 12 tonnes, puis 36 tonnes six mois après.
Présentation de l'intérêt du trempage des hannetons dans une solution de spores de champignons pour propager la contamination.
Retard de livraison du Betel® industriel. Relance de la production artisanale de riz sporisé : 2,5 tonnes au lieu des 75 à 100 tonnes par an jugées nécessaires.
- 1995** Une plate-forme de fabrication du Betel® (5 tonnes pendant l'année) a été installée à la Réunion, pour lever les difficultés d'exportation du produit de la métropole vers l'île.
- 1996** Distribution de 5 000 sachets dose de riz sporisé et de spores sur microgranulés d'argile. Précautions de conservation : à garder à l'abri de la lumière et à des températures inférieures à 15°C.
Les 7 tonnes de Betel® produites par l'industriel métropolitain sont reconnues inefficaces, obligeant au retour à une production locale dans des conditions difficiles (pas d'incinérateur, pas de surpresseur d'air).
Le brevet de production de Betel® est racheté à l'industriel. Une demande d'extension d'usage du Betel® est enregistrée mais la réglementation est détournée à cause de la technique du trempage des ailés qui permet de disséminer l'agent biologique hors des parcelles bénéficiant d'une autorisation d'application.
- 1997** Obligation réglementaire de traiter le ver blanc en utilisant le mélange : Betel®/Suxon® pour bénéficier des subventions du Conseil général à la replantation. Le Suxon® garantit un effet de choc dès la première année et reste efficace pendant 3 ans grâce à une libération progressive du chlorpyrifos. Le Betel® agit au bout de un ou deux ans seulement après application mais avec une durée beaucoup plus longue ensuite.
- 1998** Révision des doses : de 5 à 15 kg de Suxon® par hectare en mélange de 25 kg de Betel® au lieu d'une recommandation initiale de 50 kg de Betel® seul par hectare ou de 30 kg du Suxon® seul à l'hectare. Des questions sont posées sur le temps de protection (3 ans ou plus) et sur l'efficacité des traitements lorsqu'il y a recolonisation par des ailés à partir de zones non traitées.

L'installation des muscardines

► La muscardine verte

La souche 78 de la muscardine verte, *Metarhizium anisopliae* trouvée par l'Irat à Madagascar en 1973 sur une espèce voisine *Hoplochelus rhizotrogoides*, est introduite à la Réunion de 1983 à 1985 (11 essais et tests) après purification et production par l'Inra La Minière. Son acclimatation à l'île de la Réunion est bonne puisque la souche est retrouvée 5 à 6 ans après son introduction. Les cadavres des hôtes contaminés prennent une couleur verte, d'où l'appellation de "muscardine verte".

Malheureusement, son impact sur le ver blanc reste faible car la mortalité induite ne suffit pas à contrarier l'expansion démographique du ravageur comme en attestent les observations suivantes :

1983 : 13 % de mortalité
1984 : 30 % de mortalité
1985 : 10 % de mortalité
1986 : 4 % de mortalité



Muscardine verte sur une larve de troisième stade.

► La muscardine blanche

La souche Bt96 de l'agent mycélien de la muscardine blanche, *Beauveria brongniartii* est prélevée par le Cirad à Madagascar en mars 1987 également sur des larves d'*Hoplochelus marginalis*.

Son acclimatation à l'île de la Réunion est excellente, surtout dans des sols volcaniques, basaltiques et pyroclastiques, acides ou neutres, dans des conditions de pluie et de température assez variées. La plus forte virulence est observée entre 700 et 750 m d'altitude, la plus faible à moins de 500 mètres. Les facteurs éco-géographiques paraissent plus importants pour l'avenir de la souche que le support de formulation sur riz sporisé ou sur granulés d'argile.



La muscardine blanche dans le sol.

L'impact de la muscardine blanche sur le ver blanc est très importante comme le prouvent les résultats suivants :

- 1989 : 50 % de mortalité
- 1990 : 50 à 60 % de mortalité
- 1991 : 70 % de mortalité
- 1992 : 80 à 100 % de mortalité
- 1993 : 100 % de mortalité

La dissémination des spores par le champignon lui-même peut se faire jusqu'à 30 à 40 cm à partir d'un ver blanc infecté par la croissance des hyphes mycéliens. Les hannetons porteurs de spores les transportent facilement à 1 ou 2 km de leur lieu de contamination initiale.



Les cadavres des hôtes contaminés prennent progressivement une couleur blanche, d'où l'appellation de "muscardine blanche".

***Beauveria brongniartii* montre une supériorité certaine :**

- par sa virulence de 100 à 1 000 fois supérieure à celle de *Metarhizium anisopliae* 78 sur la larve de *H. marginalis* évaluée lors des tests de laboratoire,
- par son mode de croissance dans le sol, à la fois sur le ver blanc et sur la matière organique,
- par son mode d'action infectieux et épidémiques vis-à-vis des quatre états biologiques : œuf, larves, nymphe et adulte.

Le cycle du tueur

► Éléments d'identité

Beauveria brongniartii est un champignon dit tellurique, car il vit dans le sol. La souche 96 découverte à Madagascar sur le coléoptère *Hoplochelus marginalis* se reproduit par voie asexuée, grâce à des conidies.

Le champignon est classé dans :

- la classe des *Deuteromycota*,
- l'ordre des *Hyphomycota*,
- la famille des *Moniliaceae*,
- le genre *Beauveria*,
- l'espèce *brongniartii*.

► Deux phases en alternance

Une phase parasitaire avec différentes étapes :

- adhésion et germination des spores du champignon sur la cuticule du ver blanc, de la nymphe ou du hanneton ;
- pénétration du tégument par l'action d'enzymes et par des effets mécaniques. Ces agressions provoquent une réaction de l'hôte sous forme de taches noires, qui sont le signe d'une tentative de l'organisme pour endiguer la propagation du champignon tueur ;
- développement dans la cavité générale de l'hôte remplie d'hémolymphe et formation d'un granulome par réaction immunitaire, qui est détruit par des toxines protéiques.



Les fructifications en "pépites" du champignon.

Une phase non parasitaire après le décès de l'hôte :

- les cadavres d'insectes prennent une couleur rose, enveloppés d'un chevelu mycélien blanc, dense, sporulant, très infectieux. Un ver blanc sporisé porte de $2 \cdot 10^7$ spores ;
- les hyphes mycéliens se trouvent à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de la surface de l'hôte ;
- une activité saprophytique est compatible avec la fructification. Le cheminement des cordons mycéliens dans le sol est facilité par les collemboles, les isopodes et les vers de terre. Le champignon se nourrit d'excréments d'acariens, de vers de terre et de déchets organiques ;
- chaque fructification appelée "pépité" se présente sous une forme globulaire originale de 1 à 2 mm et contient de 1 à $1,5 \cdot 10^7$ spores ;
- **la survie des spores issues de ces pépites est assurée pour plusieurs années.**

Les conditions favorables

Les conditions favorables à l'installation du champignon sont réunies à l'île de la Réunion :

- la température, l'humidité relative et la nature du sol sont favorables au développement saprophytique, ce qui permet au champignon de survivre entre deux attaques parasitaires contre le ver blanc ;
- l'alternance d'une saison chaude et pluvieuse de décembre à avril avec une saison fraîche et sèche de mai à novembre ne constitue pas un facteur limitant ;
- aucun ennemi naturel du champignon ne s'est déclaré pendant les dix premières années après son introduction ;
- le champignon a de fortes capacités de multiplication, de dissémination (cordons mycéliens et spores) et de survie plusieurs années sous la forme de "pépites" produisant des spores virulentes ;
- une densité de $3 \cdot 10^3$ spores par gramme de sol suffit à empêcher le ver blanc de survivre ;
- les spores sont transportées involontairement mais efficacement de proche en proche, d'un champ à l'autre, par les hommes et les animaux, ainsi que par les hannetons adultes.
- La disparition des cadavres des vers blancs mycosés est rapide à cause de l'action très active des micro-organismes du sol.

Le trempage des hannetons

► Une source d'idée

L'idée originale est de se servir des hannetons pour disséminer le champignon entomopathogène *Beauveria brongniartii* sur des populations situées en périphérie des parcelles traitées pour :

- propager l'agent biologique régulateur,
- réduire l'importance des recolonisations des zones cultivées à partir des friches, des jachères et des milieux naturels. La fédération départementale des groupements de défense contre les ennemis des cultures en a fait l'axe majeur de sa contribution à la lutte contre le ver blanc.



Muscardine blanche sur une larve de troisième stade.

► La pratique de trempage

Les hannetons capturés aux lumières entre le mois d'octobre et de janvier sont trempés dans une solution à base de spores de champignon cultivées sur des brisures de riz et relâchés ensuite pour qu'ils véhiculent l'agent pathogène lorsqu'ils retournent dans le sol et y meurent.

Ce procédé très simple mis au point en 1994 dans le cadre d'une collaboration Cirad/FDGDEC, est efficace, peu onéreux, accessible aux particuliers. Il permet d'étendre la lutte biologique aux zones non traitées, cultivées ou non, d'accès difficile (ravins, fortes pentes), avec l'avantage de compléter les mesures réglementaires limitées à certaines cultures bénéficiant de subventions.

► Une recette bien rodée

Le trempage des hannetons attrapés chaque soir se fait en les plaçant dans la bassine quelques minutes puis en les relâchant encore bien vivants dans les champs à traiter. Le comportement semi-grégaire des adultes aide à la propagation des mycoses d'un individu à l'autre, *via* le sol.

Préparation de la solution :

Dans un litre d'eau versée dans une bouteille d'un litre et demi, mettre trois cuillères à soupe à ras bords de riz sporisé.

Secouer énergiquement.

Filtrer.

Verser le contenu dans une bassine.

A conserver au frais et à l'abri du soleil.

Utilisable pendant quatre jours.

Les doses de 75 g de riz sporisé prévues initialement surtout pour les planteurs ont trouvé pour principaux clients des particuliers âgés de 30 à 40 ans, attachés à protéger leur jardin. Il a été vendu 1 400 doses en 1995, 4 000 en 1996, 8 000 en 1997, 11 500 en 1998.



La FDGDEC (Fédération départementale des groupements de défense contre les ennemis des cultures) est un organisme professionnel réunionnais à caractère d'établissement privé. Créé en 1977, il emploie 18 salariés et gère un budget de 1 million d'euros. Ses activités sont régies par le code rural. Sa devise : *"Mettre en œuvre une lutte efficace contre les ennemis des cultures car la protection des cultures est un facteur de progrès"*.

Elle s'est montrée très active pour la promotion de la technique de trempage des hannetons dans une décoction du champignon tueur.



Elle est devenue depuis la FDGDON (Fédération départementale des groupements de défense contre les organismes nuisibles).



L'arme mixte

► L'effet binaire

L'association d'un produit chimique, le chlorpyrifos-éthyl en capsule, et d'un auxiliaire biologique, le champignon *Beauveria brongniartii*, présente **un fort potentiel synergique de lutte** par double effet :

- la matière active chimique assure un effet de choc avec une rémanence de 3 ans grâce à une libération progressive du produit,
- la matière active biologique demande environ un an pour prendre le relais mais elle assure théoriquement une protection pérenne contre le ver blanc et les hannetons.

► Mode d'action du champignon

- Le contact des spores de *Beauveria brongniartii* avec le tégument des différents états biologiques d'*Hoplochelus marginalis* provoque leur germination.
- Les filaments mycéliens perforent la cuticule sous l'action d'enzymes (protéases, lipases et chitinases).
- Lors de la colonisation de l'intérieur du corps de l'hôte, le champignon fabrique des toxines protéiques qui finissent par entraîner la mort du coléoptère-hôte en 8 à 15 jours.

► Son intérêt dans la pratique

La souche naturelle de *Beauveria brongniartii* d'origine malgache est spécifique au ver blanc *Hoplochelus marginalis*, non toxique pour la faune auxiliaire, à fort pouvoir de colonisation. Elle est capable de réduire les populations de vers blancs à des doses 100 fois inférieures à celles des autres souches mycéliennes testées et en 8 jours.

La conservation en stockage du champignon est possible sur 45 jours à condition que la température ambiante reste inférieure à 35°C.

► Les précautions à prendre

Concernant *Beauveria brongniartii*, le riz sporisé comme le Betel supportent mal :

- les chocs thermiques,
- les insulations directes,
- les ultraviolets.



Granulés d'argile contenant les spores du champignon Beauveria.

Aussi est-il recommandé d'utiliser les préparations :

- de préférence moins de 24 heures après l'achat, 48 heures au plus,
 - avant 10 heures du matin en plein champ,
 - sans la mélanger à des sous-produits de la canne,
 - en recouvrant le sillon creusé juste après le dépôt des spores,
- et de chauler les champs plutôt par épandage après enfouissement des spores car le champignon supporte mal les milieux alcalins.



Larves infestées par la muscardine après avoir été au contact des granulés.

Les enseignements

► Les observations de terrain

En 1998, le problème du ver blanc connaît une recrudescence dans le sud de l'île de la Réunion, entre Saint-Pierre et Saint-Joseph :

- les populations de vers blancs augmentent,
- le traitement mixte biologique/chimique Betel®/Suxon® est moins efficace,
- les zones atteintes sont plus nombreuses et plus vastes qu'avant.



L'épandage des insecticides avec un pulvérisateur à dos oblige à porter des vêtements de protection.

► La recherche d'explications

La rumeur publique de l'époque impute plusieurs causes à cette situation nouvelle :

- mauvais placement des produits de traitement lors de l'enfouissement dans le sol, trop en surface ou trop en profondeur,
- usage inapproprié dans ce contexte de l'écume de canne comme engrais. Son caractère très basique ne convient pas au *Beauveria brongniartii* qui préfère les sols acides ou neutres. De plus, ses propriétés fermenticides empêchent le mécanisme de sporulation. Enfin, l'aspersion d'un produit chaud (30 à 40°C) crée un choc thermique néfaste pour le champignon.

- difficulté du bon usage du Betel® :
 - le vent disperse les microgranulés d'argile disposés en surface,
 - les journées très ensoleillées tuent le champignon par la chaleur et l'exposition aux ultraviolets,
 - le délai écoulé entre la chambre froide et l'application en plein champ est parfois trop long.

► Des recommandations déduites

Des conseils sont donnés pour tenir compte de ces aléas au niveau de l'efficacité du Betel® :

- utiliser rapidement le produit biologique dès l'ouverture de l'emballage,
- le conserver uniquement dans son emballage d'origine,
- ne pas l'entreposer au sol, ni à proximité d'une source de chaleur,
- éviter la condensation en le réchauffant doucement.



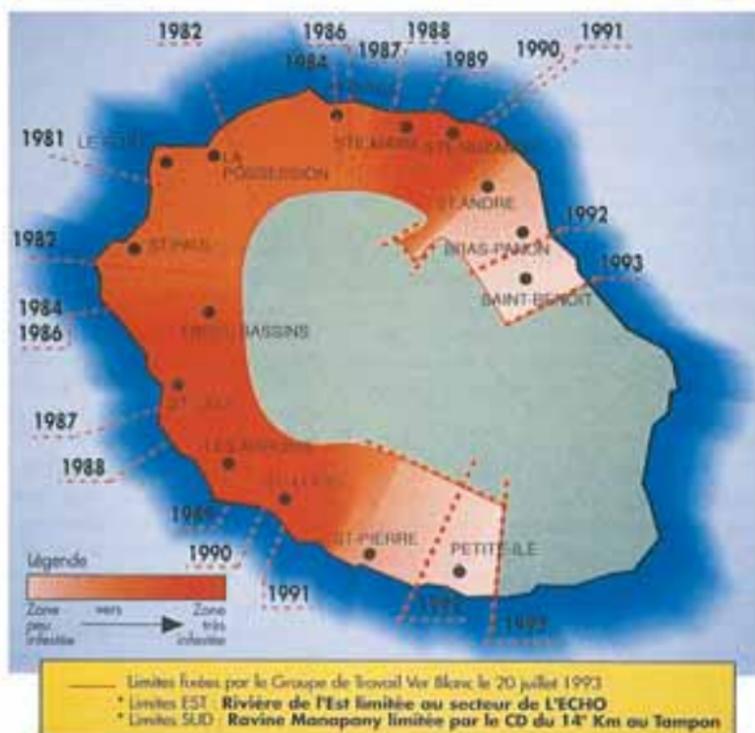
Epandage avec un pulvérisateur à rampes sur tracteur.

► Une réponse provisoire

La première réponse à ces constats est d'augmenter la dose de Suxon® de 5 à 15 kg par hectare en maintenant celle de Betel® à 25 kg par hectare.

L'expansion géographique

VER BLANC : ZONE INFESTEE (1993)



L'installation du ravageur est discrète, quoique centrée sur le port maritime. Les foyers primaires ne sont pas connus.

Les premières signalisations de dégâts sur la canne à sucre en rapport avec le nouveau ravageur *Hoplochelus marginalis* datent de 1981 dans les hauts de La Possession, à Sainte-Thérèse, à moins de 10 km du port situé au nord-ouest de l'île de la Réunion. Les foyers secondaires concernent 150 ha très infestés sur 4 000 hectares envahis. A l'époque la situation n'est alarmante que sur quelques hectares.

La progression géographique du hanneton se fait par les plaines, à peu près à la même vitesse, **2 à 4 km par an** vers le Nord et vers le Sud de l'île, en dépit de toutes les mesures de précautions précises. Cette distance correspond aux capacités de dispersion par vol des adultes.

Les individus du front d'invasion se sont révélés plus actifs biologiquement que ceux situés en arrière (perte de vitalité). Une fois l'ensemble de l'île envahie, on peut supposer que le processus de perte de vitalité touche toutes les populations de vers blancs, ce qui réduit considérablement les risques de dégâts (Saint-Pierre faisant exception à cette évolution).

L'ensemble des mesures mises en œuvre pour contrôler les populations du ravageur ont contribué à réduire les effectifs des populations mais il n'y a pas de preuves qu'elles aient ralenti le système de progression géographique.

Les habitats d'*Hoplochelus marginalis* s'étendent du littoral à plus de 1 900 m d'altitude. Ils sont constitués de zones cultivées, de friches, de jachère et de végétation naturelle, en régions plates comme sur les pentes les plus fortes et les plus inaccessibles.

Avec ou sans lutte, certains spécialistes des équilibres insulaires s'attendent à une rémission naturelle du fléau en 20 ou 40 ans. **Les dégâts les plus importants ne durent pas plus de 4 à 5 ans pour chaque région touchée** mais ils sont localement importants (15 à 20 % du tonnage au moins pour la canne à sucre).

Le ver blanc malgache n'est peut être pas éradicable sans perturber l'équilibre fragile des écosystèmes insulaires réunionnais. En revanche, il s'incorpore progressivement au patrimoine entomologique de l'île de la Réunion.



Champ de canne attaqué par le ver blanc.

Les onze commandements

L'expérience sur 20 ans de la lutte contre *Hoplochelus marginalis* transparaît dans les recommandations faites par les chercheurs, les planteurs et les encadreurs.

1. Il est formellement déconseillé de sortir de la terre, du terreau, du fumier ou des déchets végétaux de la zone infestée pour éviter la contamination de nouvelles zones par le ver blanc.
2. Quel que soit le mode de transport (terrestre, aérien, maritime), il faut éviter de circuler entre les zones infestées et les zones saines entre octobre et janvier pendant l'heure qui suit le crépuscule afin d'éviter le transport involontaire des hannetons.
3. Dans le cas où il est absolument indispensable de sortir de la zone contaminée à un moment où il existe des hannetons en vol, une vérification complète du véhicule, des marchandises transportées (si possible placées sous bâche), des bagages et des personnes s'impose pour s'assurer qu'aucun hanneton clandestin ne profite de l'occasion offerte.
4. Il est interdit d'élever des hannetons à domicile, quel que soit leur état biologique – œuf – larve – nymphe – ailé, pas plus que dans des établissements scolaires, même dans un but éducatif.
5. L'observation des vers blancs dans le sol ou des hannetons en vol autour des lumières et sur la végétation (la nuit) ou dans les couches superficielles du sol (le jour) doit faire obligatoirement l'objet d'une signalisation précise (lieux, dates, échantillons) aux institutions concernées, à commencer par le service de protection des végétaux.
6. Il est recommandé de labourer, de biner ou de gratter le sol dans les jardins en février et en mars chaque année pour éliminer une partie des vers blancs vivant dans le sol.

7. L'application d'insecticides rémanents dans le sol est à faire entre janvier et mars en respectant scrupuleusement les règles d'application (précautions d'usage, respect des doses recommandées, des intervalles entre deux traitements et de la profondeur d'enfouissement utile).
8. Tous les hannetons attirés par les lumières des maisons et les éclairages des jardins privés et publics, sont facilement capturés et détruits. Le hannetonnage est à la portée de toutes les personnes valides.
9. Il ne faut jamais transporter de plantes en pot d'une région infestée à une autre car la terre peut contenir des vers blancs.
10. Les sachets doses de champignons pathogènes sont à conserver à température fraîche et à l'abri de la lumière pendant une durée maximale de 21 jours avant usage.
11. La lutte contre le ver blanc n'est pas le fait des seuls planteurs de canne à sucre. Elle concerne tous les agriculteurs, maraîchers, horticulteurs, forestiers et jardiniers ainsi que les propriétaires de prairies, de friches, de jachères et de jardins.



Un hanneton victime de la muscardine blanche.

La perte de vitalité

► Au fil des années

Au fil des années, *Hoplochelus marginalis* perd de sa vitalité, même dans ses habitats préférés situés entre 200 et 400 m d'altitude pour l'île de la Réunion.

► La perte de poids

Le poids des nymphes diminue au fil des années. Il est de 160 mg la première année, de 110 à 130 mg au terme de 3 à 5 ans, de 95 à 100 mg au terme de 7 à 11 ans. Certains hannetons adultes sont de plus en plus petits.

► Les autres signes

Les signes de déclin affectent aussi la physiologie de chaque ver blanc :

- des taches noires apparaissent sur des tissus mous, victimes de mélanose,
- les graisses de réserve diminuent d'importance,
- les cellules adipeuses et péricardiales sont altérées,
- des malformations monstrueuses apparaissent (pattes atrophiées)
- les larves atteintes ont une mobilité réduite.

► Une fatalité biologique

La perte de vitalité apparaît 3 à 4 ans après l'occupation d'un nouveau biotope favorable. Elle s'aggrave au cours des 15 à 20 ans suivants et en 30 à 40 ans atteint l'ensemble de l'île de la Réunion. Certains observateurs font observer que le problème du ver blanc se réglera tout seul. **Est-ce si sûr ?**

■ Une situation ressemblante

Le même phénomène de régression spontanée a été observé chez le ver blanc *Clemora smithi* introduit accidentellement sur l'île Maurice.

Les taches noires peuvent être superficielles ou profondes. Elles apparaissent sur les côtés du ver blanc, en zone dorsale, ou encore sur les pièces buccales. Les pattes sont amputées d'un à deux articles. Des anomalies sont observées au niveau des organes : formation fibreuse, désorganisation du tissu adipeux, perte des cellules péricardiales, lyse des membranes de l'épithélium intestinal. L'affaiblissement est général : réduction d'activité, perte d'appétit, ralentissement de croissance, septicémie.

Les causes de ces désordres ne sont pas connues. On soupçonne des grégaires intestinales qui atteignent 95 % des populations en fin de cycle mais la démonstration scientifique n'est pas faite.

L'avenir en questions

Au terme de 35 années (1972-2007), la première constatation est que le bio-agresseur est toujours là, en dépit de toutes les mesures précises pour lutter contre lui.

A l'évidence l'éradication espérée n'est pas possible. En revanche, son contrôle à des seuils économiquement supportables doit beaucoup au champignon tueur qui s'est bien acclimaté à l'environnement insulaire et dont les souches sont restées virulentes dans des conditions écologiques variées.

La préparation en 2008 de l'avenir dépend des réponses aux questions suivantes :

- ⊙ Le ver blanc va-t-il continuer à perdre sa vitalité ou acquérir une nouvelle virulence ?
- ⊙ Le champignon tueur restera-t-il toujours aussi efficace ?
- ⊙ Combien de temps prendra l'assimilation complète de ce ravageur aux écosystèmes locaux ?
- ⊙ Faut-il maintenir un niveau minimum de vigilance ?
- ⊙ Doit-on prévoir une recrudescence du fléau si le climat change ?
- ⊙ Le bio-ravageur peut-il s'adapter à d'autres cultures ?
- ⊙ L'expérience collective vécue par l'île de la Réunion et relatée dans ce livret va-t-elle être utile à d'autres régions du monde confrontées à des fléaux migrants envahissants ?





La presse relais

1981 (avant octobre)

Lorsqu'un diagnostic scientifique se fait attendre sur un thème grand public, l'impatience des journalistes les conduit à rechercher d'autres sources d'information (même non crédibles), à la tentation de critiquer les spécialistes venus d'ailleurs, à faire monter la pression en soulignant l'extension du problème, à mettre sur le devant de la scène des conflits d'intérêt, à contester les mesures prises par l'administration.

1981 (après octobre)

Une annonce scientifique porteuse de données objectives n'est qu'un des éléments du dossier instruit par les médias. Très peu de temps après un effet de recadrage du débat, des collatérales apparaissent : dénis de responsabilité, mise en face à face des points de vue d'un spécialiste et d'un agriculteur, exposé des revendications relatives à l'indemnisation à court terme (la saison en cours) et à moyen terme (deux ans en cas de replantation de cannes), liaison avec la diversification de l'agriculture par irrigation (résurgence d'un dossier ancien), préoccupations environnementales (ce qui revient à critiquer certaines mesures de lutte chimique préconisées).

1982

Dès la seconde année de campagne de lutte des crispations apparaissent entre les planteurs et l'administration, surtout autour des subventions (pour détruire les champs infestés, pour replanter avec des variétés plus résistantes, pour traiter les sols et pour attendre les prochaines récoltes). Les agriculteurs demandent à être plus sollicités et à être mieux informés des résultats de la recherche scientifique. L'impatience des producteurs prend des formes revendicatives, y compris vis-à-vis du droit à l'information sur ce que fait la recherche.

1983

A la troisième année de lutte, outre l'inventaire des mesures prises ou conseillées apparaissent deux décisions nouvelles :

- la nomination d'un "Monsieur ver blanc",
- la création d'un poste de commandement pour assurer une meilleure coordination.

1984

La quatrième année voit un effort important et cohérent de vulgarisation scientifique et technique en direction du grand public et des jeunes.

Les collectes de hannetons adultes sont primées. Le dossier sur l'irrigation est de nouveau remis en situation d'actualité en présentant les avantages présumés de réduction des populations de vers blancs. Le président du Conseil général se déplace sur le terrain, quatre ans après l'évidence économique de dégâts mais l'institution qu'il représente a été présente dès le début de l'identification du problème. Le poste de commandement anti-ver blanc est visité. On ne parle plus des scientifiques. Le hanneton devient un enjeu culturel.

1985

Sans doute déçus des mesures prises par les pouvoirs publics, certains agriculteurs s'organisent en association. On encourage en même temps la collecte d'adultes à la main, l'usage d'un insecticide rémanent à enfouir dans le sol, les recherches sur les champignons. Un conte propose l'histoire du ver blanc aux très jeunes enfants. Il y a un certain flottement : peu de contributions scientifiques, des déceptions. On fait feu de tout bois.

1986

Constatant que l'invasion se poursuit, les médias aident à la promotion de la lutte chimique grâce à l'insecticide rémanent d'origine australienne et se font l'écho d'une campagne de capture d'aîlés soutenue par un sénateur-maire. La lutte biologique reste évoquée comme un espoir.

1987

Dans l'attente de nouveautés scientifiques, la presse répète les éléments connus, se fait l'écho de l'important effort de vulgarisation sous de nombreuses formes, de la promotion de la lutte chimique et du rajeunissement des plantations par arrachage des souches de canne sensibles et implantation de souches de canne plus résistantes (croissance des racines en continu permettant de compenser une partie des pertes, moindre attractivité pour les vers blancs).

1988

Faute de nouveautés scientifiques jusqu'à l'annonce des perspectives offertes par l'utilisation d'un champignon entomopathogène importé de Madagascar, la presse se fait l'écho d'un profond malaise : qui est responsable de l'introduction ? - les militaires en 1972 ? Que font les services spécialisés depuis 1981 ? Elle évoque pêle-mêle le dossier irrigation une nouvelle fois (après 1981 et 1984), la possibilité de lutter avec un crapaud d'Amérique du Sud (sans la caution d'une étude scientifique), le fait que les traitements ne sont toujours utiles, l'idée que le fléau va s'éteindre tout seul à terme. L'arrivée d'une perspective concrète de lutte biologique spécifique met un terme à huit ans d'espoirs et de déceptions.

1989

L'efficacité du mycopathogène se confirme mais le manque d'applications rapides conduit la presse à revenir sur la responsabilité des militaires, étendue à celle des immigrants réunionnais revenus au pays en 1972 après avoir quitté Madagascar, à s'étendre sur des décisions peu adéquates de la préfecture concernant des mesures réglementaires, à soutenir encore la lutte chimique au Suxon®. Le fait important est que le ministère de l'Agriculture et de la Forêt se trouve contraint de répondre à une question écrite d'un député réunionnais. La réponse est relativement floue et l'on promet surtout de persévérer au lieu de faire le bilan demandé. Les administrations et les politiques ne peuvent esquiver le sujet mais ils attendent encore pour s'engager davantage. Les scientifiques subissent une pression maximale pour obtenir des résultats. La tension entre l'île Maurice et l'île de la Réunion est sensible dans la presse, par suite des risques d'introduction accidentelle de ravageurs utilisant les moyens de transport maritimes et aériens.

1990

Après dix années d'attente, l'agent mycopathogène sélectionné à Madagascar trois ans avant, est en passe d'être produit en quantité suffisante pour faire des essais en grandeur réelle. L'espoir suscité fait la quasi-unanimité dans la presse, la visite du ministre de la Recherche couronne le tout. Tous les autres aspects du problème ver blanc sont mis de côté pour cette année. L'effet d'annonce éteint les brûlots auxiliaires.

1991

Toujours attendue, la muscardine blanche laisse la place aux rappels historiques, à l'exposé des mesures réglementaires et aux évaluations financières d'aide. Les sapeurs pompiers s'investissent pour récupérer un kilo d'aïlés ; cet exploit minuscule laisse perplexe.

1992

La production artisanale du champignon pathogène génère un espoir mais la presse doit gérer l'attente de preuves opérationnelles. Elle fait un bilan des opérations de lutttes agronomique, chimique et biologique, souligne l'association possible du champignon à l'insecticide pour bénéficier d'effets immédiats et différés, anticipe la gestion d'un succès attendu et évoque des retombées utiles pour Madagascar et l'île Maurice.

1993

L'annonce formelle de l'efficacité du champignon *Beauveria brongnartii* contre le ver blanc *Hoplochelus marginalis* est reprise avec enthousiasme dans la presse qui est unanimement en faveur de la promotion de cette perspective de lutte biologique, en complément des autres méthodes ayant fait leurs preuves. A noter que l'insecticide chimique reste présent pour garantir un effet immédiat dans un mélange où le champignon assurerait une efficacité à plus long terme.

1994

La production artisanale de riz sporisé à *Beauveria brongniartii* débouche très vite sur un constat d'insuffisance en quantité, le manque se faisant aussi sentir du côté de la matière active chimique à utiliser en mélange. Néanmoins, la confiance dans le succès à terme est sans nuance. Les praticiens laissent entendre qu'ils ont découvert eux-mêmes le champignon à Madagascar, oubliant la contribution du chercheur du Cirad en 1987. La mémoire collective est approvisionnée en faux. Le chercheur concerné, Bernard Vercambre, en est réduit au droit de réponse à faible impact correctif.

1995

A partir de l'obtention de résultats concrets sur le terrain, la visite du ministre de l'Enseignement et de la Recherche semble un couronnement pour l'introduction de la lutte biologique. Elle se produit cinq ans après celle de son prédécesseur, six ans après le bilan fait par le ministre de l'Agriculture. La presse souligne l'importance de l'accueil de mauriciens pour leur transmettre le savoir-faire des réunionnais, ce qui n'est pas sans arrière pensée entre les deux îles soeurs. On note aussi le constat sur le retard pris pour la production en quantité du champignon et la recherche de responsabilités, voire de responsables.

1996

Le passage à l'opérationnel permet d'espérer un plein succès de la lutte biologique, 16 ans après en avoir décrit les espérances. Un film documentaire promotionnel est réalisé. Petit à petit, on parle moins de la recherche et plus de la pratique. Des doutes sur les précautions prises pour arriver à la lutte biologique sont publiés. Des questions sont laissées sans réponse. Les contrôles zoosanitaires se poursuivent pour empêcher la dissémination involontaire du hanneton à d'autres îles. On cherche les responsables de l'introduction des ravageurs et du retard pris pour mettre en pratique à grande échelle la lutte biologique.

De 1997 à 2007

Le ver blanc se fait plus discret. On en parle quand d'autres actualités font défaut. La surveillance se relâche. D'autres problèmes de défense des cultures apparaissent. Les articles deviennent plus rares. Le ver blanc quitte la première page des journaux pour regagner les pages intérieures des faits divers. La vigilance reste de mise. Quatre prospections organisées entre 2001 et 2005 par le FDGDON, le Cirad et l'Université ont permis de suivre la baisse régulière des populations de vers blancs sur le terrain et de vérifier au laboratoire la virulence champignon. La coopération avec Maurice (protocole) et Madagascar (thèse) s'est poursuivie. Entre 2005 et 2007, coopération avec le rectorat de la Réunion sur le problème de perte de vitalité du ver blanc.

2008

Poursuite des recherches sur la détection du champignon dans le sol. Annonce par la presse de la diffusion gracieuse du livret éducatif sur "Le ver blanc au paradis vert".



L'impact révélateur

D'après l'histoire vécue par toutes les populations concernées, un simple coléoptère importé peut donc :

- servir des dossiers sans rapport direct avec la protection des cultures,
- mettre en danger des chercheurs au plan de la crédibilité,
- générer des conflits d'intérêt entre les institutions,
- créer des tensions avec l'armée,
- faire rebondir le problème des subventions agricoles
- mobiliser des politiques,
- transformer les relations de coopération entre des îles sœurs,
- affecter les procédures d'apportage des bateaux et d'atterrissage des avions,
- modifier les conditions de circulation des véhicules terrestres,
- discréditer une entreprise industrielle,
- générer des doutes sur l'efficacité des méthodes de lutte biologique,
- ouvrir un dossier sur la pollution des eaux,
- contourner des dispositions réglementaires,
- permettre de créer des associations d'agriculteurs,
- mettre en doute la crédibilité des administrations,
- donner l'occasion d'organiser des concours pour les jeunes,
- servir de thème pour une bande dessinée éducative,
- faire ressurgir des conflits anciens.

Aux enjeux explicites (organiser la lutte, réduire les populations de ravageurs, choisir des espèces végétales plus résistantes aux dégâts, aider les agriculteurs, trouver des solutions économiquement et écologiquement acceptables, faire coopérer chercheurs et développeurs), se greffent des enjeux implicites (remettre en actualité le dossier sur l'irrigation, chercher des responsables à accuser, douter de la crédibilité des administrations, s'interroger sur la nécessité de l'appui de spécialistes non réunionnais, interpellier le ministre de l'Agriculture et celui de la Recherche, attirer l'attention du grand public, dramatiser un fléau, douter de la compétence de certaines firmes, laisser la parole aux planteurs revendicatifs), tout ceci autour d'un ver blanc d'importation.

La fin du second acte

Dans le cadre de l'île de la Réunion, le ver blanc a été à la fois un enjeu et un prétexte, une réalité et un mythe. Il est passé du statut d'immigrant clandestin à celui d'élément durable des écosystèmes réunionnais. Il a soulevé beaucoup de questions, trouvé certaines réponses, laissé de grandes interrogations. On peut certainement se servir de ce modèle pour traiter des cas plus généraux concernant la meilleure manière de mettre en circulation des informations scientifiques et techniques dans un contexte d'actualité liée au développement durable.

Une fois l'identité précise du ver blanc établie, ainsi qu'une bonne connaissance de ses habitudes de vie, la découverte d'un champignon tueur spécifique acclimatable aux écosystèmes cannières de l'île de la Réunion **a été un avantage décisif** dans le maintien des populations du ravageur à un seuil économiquement acceptable.

Sans réduire l'intérêt de toutes les autres formes de lutte mécanique, agronomique et chimique, **l'usage d'un agent biologique pathogène permet à la fois de réaliser des économies importantes de moyens et de réduire les effets négatifs des pesticides sur l'environnement.** Il a très probablement précipité la perte de vitalité du ver blanc à la fin de ce second acte du drame bio-écologique.

Certes, le ver blanc réussit à se maintenir année après année, mais au terme de 35 ans de présence, il semble devenir maintenant un des éléments parmi beaucoup d'autres de l'entomofaune de l'île de la Réunion. Son expansion est toujours contenue par le champignon tueur encore actif, 20 ans après son introduction.

Ailleurs dans le monde



Embrapa Monitoramento por satélite/Esal, 2007

▶ A l'île Maurice

Repères chronologiques

Vers 1906, le ver blanc *Clemora smithi* Arrow (*Coleoptera, Melolonthinae*), qui a été renommé *Phyllophaga smithi*, est transféré accidentellement de la Barbade à l'île Maurice.

En 1911, les premières signalisations de dégâts sur la canne à sucre sont enregistrées sur des surfaces restreintes (foyers primaires sur 2 % des surfaces, soit 1 250 ha). Les souches atteintes sont versées et faciles à arracher à la main à cause des racines coupées.

Entre 1911 et 1916, la progression annuelle du ver blanc est de 2 800 ha par an, entraînant dans les zones infectées des pertes de rendement de canne à sucre de 10 à 20 %.

Des foyers secondaires du ver blanc sont révélés en 1919, 1924, 1926, 1927, 1928 (25 % des surfaces), 1931, 1935 (60 % des surfaces cultivées atteintes).

Toute l'île Maurice est envahie en 1945, à l'exception de la frange ouest de l'île, dans le district de la Rivière noire.

A partir de 1945, une forte baisse des populations est observée. Elle est mise en relation avec l'installation d'ennemis naturels et des effets de la sélection variétale de souches de canne tolérantes.

Bilan rassurant

Une enquête réalisée en 1985-86 par Bernard Vercambre et Pierre Robert avec l'aide du Msiri et des sociétés cannières de l'île, permet de dresser un bilan rassurant :

- 94 % des 14 000 vers blancs récoltés sont des *Clemora smithi*,
- 85 à 90 % des larves âgées sont parasitées par des grégaires qui obstruent l'œsophage et altèrent les cellules épithéliales de leur tube digestif,
- des taches noires apparaissent sur l'hôte,
- les larves âgées sont peu chargées en matière grasseuse,
- le nombre d'œufs pondus par femelle tend à diminuer : il n'est plus que de 6 à 7 en 1986 contre 40 à 60 en 1912,
- les maladies à champignons entomopathogènes comme le *Metarhizium* (la muscardine verte) existent,
- l'effet sur la canne est très limité, le chevelu racinaire n'étant pas complètement sectionné.

▶ A Hawaï

En 1908, un nouveau ver blanc est découvert dans deux plantations industrielles de canne à sucre sur Oahu, petite île de 1 850 km² de l'Archipel d'Hawaï.

En 1910, une première identification scientifique est proposée : *Anomala orientalis* Waterhouse (*Coleoptera*, *Rutelinae*), avant qu'une assimilation avec *Adoretus sinicus* ne soit faite.

Il est alors établi que l'espèce immigrée est originaire du Japon et qu'elle a probablement été transportée avec des échantillons de terre.

Dès 1919, des tentatives de lutte biologique avec une guêpe parasite du type scolie *Scolia manilae* (Ashm.) aboutissent à des résultats encourageants mais non durables.

En 1930, on observe une recrudescence du ravageur bien que de faible ampleur géographique (moins de 20 km²).

Une baisse généralisée des populations du ver blanc est observée à partir de 1936 sans intervention humaine, jusqu'en 1945.

On pense maintenant que l'espèce est naturellement limitée par la nature du sol qui lui est peu favorable et la sensibilité variable de chaque champ au ver blanc.

Ce coléoptère est devenu peu important à Hawaï. Il n'a plus d'incidence économique notable. Quelques champignons et bactéries semblent en vivre.

Quelques chiffres à retenir

▶ Les subventions

- 1981** : subvention de 2 000 francs français (304 euros) par hectare pour effectuer un traitement du sol contre le ver blanc par des microgranules insecticides.
- 1982** : subvention de 3 000 francs français (457 euros) par hectare dessolé pour perte de revenu, plus 2 000 francs français (304 euros) par hectare pour aider à la replantation de variétés tolérantes, saines et meilleures en production de sucre.
- 1984** : prime de 15 francs français (2,30 euros) puis de 10 francs français (1,5 euro) par bouteille de 1,5 litre remplie de hannetons.
- 1986** : concours avec des prix pour les meilleures captures de hannetons. Plus de 100 000 francs français (15 245 euros) dépensés en une seule campagne de hannetonnage.
- 1990** : subvention à 90 % de la lutte chimique et biologique par le Conseil général.
- 1991** : pertes estimées à cause du ver blanc : 13 millions de francs français (1,982 million d'euros) ; coût de la lutte financée à 90 % par le Conseil général : 5 millions de francs français (0,763 million d'euros) en lutte directe, 10 millions de francs français (1,525 million d'euros) en aide indirecte.
- 1995** : 8,5 millions de francs français (1,295 million d'euros) d'investissement pour un centre de production de spores de champignons entomopathogènes sur des microgranulés d'argile. Les trois quart du prix de revient sont pris en charge par le Conseil général, le quart restant à charge du planteur.
- 1996** : subvention de 7 500 francs français (1 143 euros) par hectare pour la replantation accordée par le Conseil général. Les agriculteurs demandent 10 000 francs français (1 525 euros) par hectare.

▶ Les punitions

Dès août 1981, un arrêté prévoit en période d'interdiction des amendes de 2 000 francs français (305 euros) à 20 000 francs français (3 049 euros) pour tous transports de matières susceptibles d'héberger des vers blancs.

L'évolution des écosystèmes

Par suite de la mondialisation, de l'augmentation des échanges de personnes, de biens et de matériels, des effets du réchauffement climatique, de l'anthropisation des écosystèmes, les flux d'échanges volontaires et involontaires d'animaux et de végétaux s'accroissent.

De même que de nombreuses maladies humaines, animales et végétales se propagent de plus en plus vite de continent en continent, il faut s'attendre à de nombreux épisodes invasifs comme celui illustré par le ver blanc à l'île de la Réunion.

De cette enquête scientifique au ton bio-éco-policier, il ressort que de nombreuses questions ont trouvé rapidement des réponses, grâce à toutes les compétences scientifiques, techniques et praticiennes mobilisées. Les efforts concertés de tous les acteurs sur l'île de la Réunion, malgré d'inévitables confrontations d'opinion, ont porté leurs fruits. Le ver blanc est maintenant sous contrôle grâce aux effets conjugués de toutes les formes de lutte parmi lesquelles la lutte biologique par le champignon tueur tient une place de choix ayant valeur d'exemple.

Chaque euro investi dans la recherche a permis d'économiser en première analyse environ 5 euros de moyens de lutte. On a donc un fort intérêt économique à la capitalisation de nouveaux savoirs pour agir efficacement, car de nombreuses occasions de combattre un bio-envahisseur par la connaissance ne manqueront pas de se produire dans les années à venir.



Remerciements

Entre la révélation du problème du ver blanc en 1981 et ce livret éducatif en 2008, de très nombreuses collaborations méritent d'être signalées. Nos remerciements vont :

- **au service de la protection des végétaux** (les responsables du groupe de travail "ver blanc") : François Delmas, Alain Gravaud, Gilbert Grivault, Eric Jeuffrault, Yves Lebon, Ronald Manikom, Xavier Vant.
- **à la FDGDEC/FDGDON** (responsable de la lutte chimique/animation de la lutte biologique) : Guy Basso-Bert, Laurent Collet, Serge Georger, L. Libois, Didier Pastou, Lucien Rococo, Anne Rolet, Thierry Taye.
- **à l'Irat**
 - des techniciens : Maurice Latchoumaya, Richard Tibere, Jean-Marie Bègue.
 - des stagiaires et des doctorants : Karine Barbin, Oliver Goebel, Daphné Linderme, Cecile Neuveglise.
 - des responsables et des chercheurs : Marc Betbeder-Matibet, Alain Derevier, Martine Deboos, Régis Goebel, Roland Guis (Madagascar), Michel Hoarau (la Réunion), Roger Michellon, Samuel Nibouche, Bernard Reynaud, Jean Servant, Bernard Siegmund, Isabelle Soustrade.
- **à l'association pour la promotion rurale** (documents de vulgarisation) : Renaud Couturier, Bruno Dalele, Patrick Mangold.
- **à la SCEP Botanica** (importateur Suscon® ou Suxon®) : Alain Cornu.
- **à l'Inra** (experts scientifiques en entomopathogènes) : Louis Bergouin, G. Callot, Pierre De Conninck, Jacques Fargues, Pierre Ferron, Joseph Giannotti, Michel Marchal, Guy Riba, Pierre Robert.
- **à la Cuma** : Edouard Garon.
- **aux planteurs de la Réunion** ayant accepté de faire des essais divers : Messieurs Aubras, Bijoux, Célestin, Dambreville, Lenormand, Lorion, Mallet, Vergoz, Lassaone, Mahé et beaucoup d'autres.
- **à l'Université de la Réunion** : Mireille Fouillaud et Gilles Morel.
- **à la NPP** (Calliope) : Catherine Desgranges, Michel Guillon, Michel Zuin.
- **au Fofifa** : Yvonne Rabenantoandro et Louise Randrianandrianina.
- **à Maurice** (Msiri) : Seelavarn Ganeshan, Afzale Rajabalee, Claude Ricaud et le Dr John-R. Williams.
- **à la Marine Nationale** : Capitaine de corvette de Saint-Germain.
- **au rectorat** : S. Baret, Philippe Terce et tous les professeurs et élèves qui ont participé à l'enquête sur la perte de vitalité du ver blanc (2005-2007).

Que ceux qui n'ont pas été cités nommément sachent qu'ils ont eu aussi leur part dans la création de ce livret éducatif par les savoirs qu'ils ont mobilisés. Qu'ils en soient sincèrement remerciés.

Découvrir la collection " Les savoirs partagés "

► Des compillivres® pédagogiques :

Une architecture en accordéon sous forme d'un livre sans fin qui facilite le parcours exploratoire d'un sujet par une lecture non linéaire et personnalisée entre des pavés de textes, des illustrations et au fil des liens suggérés.

- L'autruche pédagogique
- Le dromadaire pédagogique
- La mouche tsé-tsé pédagogique - The educational tsetse fly
- La planète des bactéries

► Une bande dessinée éducative bilingue :

Pour découvrir le mode de vie du plus grand oiseau du monde dans son milieu naturel et l'exploitation que l'homme en fait.

- L'autruche dans tous ses états - The all-round ostrich

► Des contes scientifiques animaliers :

Une approche empathique de la vie animale fondée sur des savoirs scientifiques.

- Journal intime d'un ornithorynque
- Etude d'impact du conte scientifique "Journal intime d'un ornithorynque"
- Journal intime d'une mouche tsé-tsé (à paraître en 2008)

► Des livrets éducatifs :

Pour comprendre les fondamentaux d'un fléau en partageant les savoirs scientifiques, techniques et pratiques au bénéfice du plus grand nombre.

- Le virus H5N1, le poulet, les autres animaux, et l'homme d'ici et d'ailleurs, de l'Asie à l'Afrique
- The H5N1 virus, poultry, other animals, and people here and elsewhere, from Asia to Africa
- Etude d'impact du livret éducatif sur la grippe aviaire (à paraître en 2008)
- Le ver blanc au paradis vert ou l'histoire vécue d'un bio-envahisseur de la canne à sucre en milieu insulaire

ADRESSE POUR EN SAVOIR PLUS :

CIRAD-SAVOIRS

DIRECTION RÉGIONALE LANGUEDOC-ROUSSILLON
TA 178/05 - Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5 - France

Tél. : 33 (0)4 67 61 57 88 / Fax : 33 (0)4 67 61 59 73

E-mail : espace.idees@cirad.fr

Achévé d'imprimer sur les presses de
SOULIÉ Imprimeur Frontignan
Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2008

Le ver blanc au paradis vert

ou

**l'histoire vécue d'un bio-envahisseur
de la canne à sucre en milieu insulaire**

Une enquête scientifique est menée sur un insecte ravageur introduit accidentellement sur l'île de la Réunion et qui a provoqué beaucoup de dégâts, spécialement sur la canne à sucre. Le contrôle des populations de vers blancs a dû faire appel à toute une panoplie de moyens, parmi lesquels la lutte biologique qui a occupé une place de choix, grâce à un champignon tueur de vers blancs, lui aussi venu d'ailleurs.

Une initiative soutenue par :



Le Conseil Général de La Réunion
42, rue du Général De Gaulle - 97488 Saint-Denis Cedex



Le Conseil Régional de La Réunion
Avenue René Cassin - 97719 Saint-Denis Cedex



La Mairie de Paris
Délégation générale à l'Outre-Mer
Place de l'Hôtel de Ville - 75196 Paris Cedex 04



Le Centre de coopération internationale en recherche
agronomique pour le développement.
42, rue Scheffer - 75116 Paris

Edité pour contribuer à la diffusion de la culture scientifique auprès de publics diversifiés de l'île de la Réunion mais aussi de ceux vivant dans de nombreux pays du Nord et du Sud, ce livret éducatif n'est pas destiné à la vente, mais est largement diffusé sur simple demande pour soutenir des projets pédagogiques.

Adresse de diffusion :

CIRAD-SAVOIRS

DIRECTION RÉGIONALE LANGUEDOC-ROUSSILLON
TA 178/05 Avenue Agropolis
34398 Montpellier Cedex 5, France

Tél : 33 (0)4 67 61 57 88 / Fax : 33 (0)4 67 61 59 73
E-mail : espace.idees@cirad.fr

© Cirad, 2008
ISBN : 978-2-87614-655-6
EAN : 9782876146556
ISSN : 1620-0705
Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2008
Tirage : 10 000 exemplaires

