

collection **Expertise collégiale**



*Expertise réalisée par l'IRD
à la demande du Gouvernement
et des collectivités territoriales
de Nouvelle-Calédonie
(province Sud, province Nord
et province des îles Loyauté)
Mandataire :
Institut agronomique néo-calédonien*

Version bilingue

Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

Invasive Species in the New Caledonian Archipelago

Coordination scientifique

MARIE-LAURE BEAUVAIS, ALAIN COLÉNO, HERVÉ JOURDAN



Institut de recherche
pour le développement

Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

UN RISQUE ENVIRONNEMENTAL
ET ÉCONOMIQUE MAJEUR

Les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien

UN RISQUE ENVIRONNEMENTAL
ET ÉCONOMIQUE MAJEUR

Coordination scientifique

Marie-Laure BEAUVAIS, Alain COLÉNO, Hervé JOURDAN

Rapporteure

Dominique CHOUCAN

*La première partie (synthèse et recommandations) du rapport
est présentée successivement en français et en anglais sur support papier.
La seconde partie (analytique) est présentée sur le CD-Rom joint.*

IRD Éditions

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

collection Expertise collégiale

Paris, 2006

Préparation éditoriale

Rachel Vincent

Mise en page

Bill Production

Maquette couverture et intérieur

Pierre Lopez

Traduction en anglais

Harriet Coleman

Coordination

Département Expertise et Valorisation, IRD

Fabrication

Catherine Plasse

**Cette expertise collégiale a été réalisée à la demande du Gouvernement
et des collectivités territoriales de Nouvelle-Calédonie
(la province Sud, la province Nord et la province des îles Loyauté)
Institut agronomique néo-calédonien (IAC), mandataire.**

La loi du 1^{er} juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, " toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite " (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© IRD, 2006

ISSN 1633-9924 / ISBN : 2-7099-1613-4

Composition du collège d'experts

COORDINATION SCIENTIFIQUE

Marie-Laure BEAUVAIS (IRD)

Alain COLÉNO, Président (Bureau des ressources génétiques)

Hervé JOURDAN (IRD)

RAPPORTEURE

Dominique CHOUCHAN

MEMBRES

Marc DELOS (Direction régionale de l'Agriculture et de la Forêt - SRPV)

Estelle GOZLAN (Inra)

Jean-Claude LEFEUVRE (Museum national d'histoire naturelle)

Lloyd LOOPE (Pacific Island Ecosystems Research Center, USGS)

Jean-Yves MEYER (Délégation à la recherche - Polynésie française)

Michel PASCAL (Inra)

Andy SHEPPARD (Csiro Entomology)

Alban THOMAS (Inra)

AVEC LA CONTRIBUTION DE

Nicolas BARRÉ (Institut agronomique néo-calédonien)

Fabrice BRESCIA (Institut agronomique néo-calédonien)

Michel DE GARINE-WICHATITSKY (Institut agronomique néo-calédonien)

Thierry FRÉTEY (Association Racine)

Tanguy JAFFRÉ (IRD)

Joël JÉRÉMIE (Museum national d'histoire naturelle)

Philippe KEITH (Museum national d'histoire naturelle)

Olivier LORVELEC (Inra),

Jérôme MUNZINGER (IRD)

Christian MILLE (Institut agronomique néo-calédonien)

RELECTURE SCIENTIFIQUE

Bernard CHEVASSUS AU LOUIS (Museum national d'histoire naturelle)

David SIMBERLOFF (Université du Tennessee, EU)

ONT ÉGALEMENT PARTICIPÉ À LA RÉALISATION DE CETTE EXPERTISE COLLÉGIALE

Michèle BOUCHEZ (IRD – Département Expertise et Valorisation)

Anne GLANARD (IRD – Département Expertise et Valorisation)

Les nombreuses références qui viennent à l'appui des analyses présentées dans la synthèse sont insérées dans les chapitres analytiques de l'expertise collégiale.

Table des matières

Abréviations	12
Objectifs et méthodes de l'Expertise collégiale	15
Introduction	19
Des pratiques ancestrales	19
Des espèces parfois utiles, parfois superflues	21
Les particularités de la Nouvelle-Calédonie	22
Des conventions internationales	24
En Nouvelle-Calédonie	27
Le chemin de l'expertise collégiale	28

■ Première partie

Synthèse et recommandations

Ces espèces qui envahissent la Nouvelle-Calédonie	33
Questions de définition	34
Un archipel très exposé	34
Vertébrés envahissants	39
Plantes envahissantes	49
Invertébrés introduits et potentiellement envahissants	52
Espèces envahissantes en eau douce	56
Quels risques et quels impacts environnementaux ?	59
De l'introduction d'une espèce à sa propagation	59
Quel risque d'invasion ?	61
Les dangers du laisser-faire	63
Une invasion catastrophique en Nouvelle-Calédonie	65
Le risque d'invasion en Nouvelle-Calédonie	67
Comment évaluer les impacts économiques ?	70
Coûts et bénéfices des espèces envahissantes	71

Méthode d'analyse coûts/bénéfices	72
Analyse coûts/bénéfices en Nouvelle-Calédonie	75
Forces et faiblesses de l'analyse coûts/bénéfices	78
Quelles méthodes alternatives ?	80
Quelle(s) méthode(s) pour les espèces envahissantes ?	82
Quelles stratégies de lutte ?	84
De la détection à la surveillance	84
L'éradication, succès et échecs	89
Quel dispositif de biosécurité ?	93
Risques phytosanitaires sous l'angle international et national	93
La biosécurité dans la zone du Pacifique	96
Le dispositif de quarantaine néo-calédonien	99
Surveillance et gestion du risque en Nouvelle-Calédonie	101
Comment communiquer sur les espèces envahissantes ?	104
De l'information à la communication	104
Quelques campagnes de communication dans le Pacifique	107
Succès et échecs de campagnes en Nouvelle-Calédonie	109
Quelques recommandations	111
Suggestions et recommandations	113
Le dispositif de quarantaine	114
Risques environnementaux	114
Comment financer la lutte contre les espèces envahissantes	117
Les recommandations en bref	119



Annexes

Annexe 1 – Cahier des charges de l'expertise collégiale	123
Introduction	123
Objectif Expertise collégiale (EC)	124
Questionnement de l'Expertise collégiale	124
Plan de travail du collège d'experts	125
La Nouvelle-Calédonie et les espèces envahissantes	128
Annexe 2 – Présentation du collège d'experts	132
Annexe 3 – Présentation du comité de suivi	134

■ *Seconde partie***Chapitres analytiques (CD-ROM)****Question 1 – Les îles de Nouvelle-Calédonie sont-elles toutes affectées de façon comparable par les invasions biologiques ?**

– Les invasions biologiques : un risque pour la biodiversité à l'échelle mondiale

JEAN-CLAUDE LEFEUVRE

CD-ROM

– Les plantes envahissantes et potentiellement envahissantes dans l'archipel néo-calédonien : première évaluation et recommandations de gestion

JEAN-YVES MEYER, LLOYD L. LOOPE, ANDY SHEPPARD,
JÉRÔME MUNZINGER, TANGUY JAFFRÉ

CD-ROM

– Les peuplements néo-calédoniens de vertébrés : invasions, disparitions

MICHEL PASCAL, NICOLAS BARRÉ, MICHEL DE GARINE-WICHATITSKY,
OLIVIER LORVELEC, THIERRY FRÉTEY, FABRICE BRESCIA, HERVÉ JOURDAN

CD-ROM

– Les invertébrés introduits dans l'archipel néo-calédonien : espèces envahissantes et potentiellement envahissantes. Première évaluation et recommandations pour leur gestion

HERVÉ JOURDAN, CHRISTIAN MILLE

CD-ROM

Question 2 – Quelles sont les espèces potentiellement envahissantes (végétales ou animales) faisant courir un risque environnemental majeur pour l'archipel néo-calédonien ?

– Les invertébrés menaçants pour l'archipel néo-calédonien : recommandations pour leur prévention

HERVÉ JOURDAN

CD-ROM

– Quelques espèces animales envahissantes aux frontières de la Nouvelle-Calédonie et présentant un risque environnemental majeur

LLOYD LOOPE, MICHEL PASCAL

CD-ROM

Question 3 – Pour les espèces décrites comme menaçantes, quelles caractéristiques locales (de l'environnement, du système de surveillance) doit-on identifier comme essentielles pour évaluer la probabilité d'invasion dans le contexte néo-calédonien ?

– Probabilité d'invasion biologique et environnement local

ALBAN THOMAS, ANDY SHEPPARD, ESTELLE GOZLAN

CD-ROM

Question 4 – Comment évaluer les conséquences probables sur l'environnement d'une introduction non maîtrisée, à partir de cas d'invasions connus et documentés dans le Pacifique ?

– Les conséquences d'une politique de non gestion des espèces envahissantes

HERVÉ JOURDAN, LLOYD LOOPE

CD-ROM

Question 5 – Analyse des méthodes usuelles de valorisation des biens environnementaux comme biens publics (services non-marchands)

– Impacts de l'introduction d'espèces envahissantes en Nouvelle-Calédonie : aspects méthodologiques pour l'évaluation économique et pistes de réflexion pour un partage efficace des coûts

ALBAN THOMAS, ESTELLE GOZLAN, LLOYD LOOPE

CD-ROM

Question 6 – Sur quelles bases, et de quelles manières, conduire une analyse coût/bénéfices intégrant différents scénarios d'introduction et permettant d'appuyer une politique de contrôle raisonnée ?

– Les stratégies d'évaluation des politiques de lutte contre les espèces envahissantes : inconvénients et difficultés de l'analyse coûts/bénéfices, méthodes alternatives de critères de décision

ALBAN THOMAS, ESTELLE GOZLAN

CD-ROM

Question 7 – Quels sont les éléments d'un système de détection et de surveillance après l'introduction ? Peut-on en évaluer l'efficacité ?

ANDY SHEPPARD, LLOYD LOOPE

CD-ROM

Question 8 – Dans la situation où elles expriment actuellement ce potentiel, quelles sont les mesures d'éradication ou de gestion qui ont déjà été prises (ou expérimentées).

Peut-on en évaluer l'efficacité ?

– L'éradication : une mesure de gestion des populations allochtones

LLOYD LOOPE, ANDY SHEPPARD, MICHEL PASCAL, HERVÉ JOURDAN

CD-ROM

Question 9 – Peut-on établir un tableau des risques encourus par la Nouvelle-Calédonie ?

ALAIN COLÉNO

CD-ROM

Question 10 – Analyser la pertinence de quelques systèmes de biosécurité des espèces envahissantes mis en place par quelques pays de la zone du Pacifique. Quelles en sont les caractéristiques techniques, juridiques, organisationnelles ?

ANDY SHEPPARD, LLOYD LOOPE, MARC DELOS, JEAN-YVES MEYER

CD-ROM

Question 11 – Analyser de la même manière le système néo-calédonien

– Cas particulier du dispositif néo-calédonien ;
aptitudes à appréhender les espèces envahissantes

MARC DELOS, ANDY SHEPPARD

CD-ROM

Question 12 – Faire toutes les suggestions portant sur la pertinence, la cohérence, la structure et le fonctionnement de ce système

– Suggestions

ALAIN COLÉNO

CD-ROM

Questions 13-16 – Communication sur le risque

ESTELLE GOZLAN, ALBAN THOMAS , JEAN-YVES MEYER

CD-ROM

Abréviations

ACB	Analyse coûts/bénéfices
ARP	Analyse du risque phytosanitaire
CDB	Convention sur la diversité biologique
CGAPS	<i>Coordinating Group on Alien Pest Species</i>
CIPV	Convention internationale pour la protection des végétaux
CITES	Convention internationale sur les espèces menacées
CRC	<i>Cooperative Research Center (CRC) for Australian Weed Management</i>
DAE	Direction des affaires économiques
Davar	Direction des affaires vétérinaire, alimentaire et rurale
DDE-E	Direction du développement économique et de l'environnement
DDR	Direction du développement rural
DEV	Département Expertise et Valorisation
DRN	Direction des ressources naturelles
EE	Espèces envahissantes
ERMA	<i>Environmental Risk Management Authority</i>
FAO	<i>Food and Agricultural Organization</i>
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
GATT	<i>General Agreement on Tariffs and Trade</i>
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIS	Groupement d'intérêt scientifique

GISP	<i>Global Invasive Species Program</i>
HACCP	<i>Hazard Analysis Critical Control Point</i>
HDOA	<i>Hawaii Department of Agriculture</i>
HDOA-PQ	<i>Hawaii Department of Agriculture, Plant Quarantine Branch</i>
HSNO	<i>Hazardous Substances and New Organisms Act</i>
ICPM	Commission intérimaire chargée de l'application des mesures phytosanitaires
ICSU	Conseil international pour la science
IHS	<i>Import Health Standards</i>
IRA	Analyses de risque d'importation
KARA	<i>Kahului Airport Pest Risk Assessment</i>
MAF	Ministère de l'Agriculture et de la Forêt
MISC	<i>Maui Invasive Species Committee</i>
NIMP	Normes internationales de mesures phytosanitaires
OMC	Organisation mondiale du commerce
Rifa	<i>Red Imported Fire Ant</i>
SCOPE	<i>Scientific Committee on Problems of the Environment</i>
SPS	Mesures sanitaires et phytosanitaires
SRAS	Syndrome respiratoire aigu sévère
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
USGS	<i>US Geological Survey</i>
VET	Valeur économique totale
WRA	<i>Weed Risk Assessment</i>

Objectifs et méthodes de l'Expertise collégiale

Les expertises collégiales sont engagées par l'Institut de recherche pour le développement « sur commande », pour éclairer la décision politique et le débat public sur des enjeux de société : mettre la recherche et les connaissances des chercheurs à la disposition de la collectivité fait partie des missions des établissements publics de recherche.

Cependant, il n'entre pas dans la fonction d'un établissement scientifique de dresser pour les pouvoirs publics des « projets d'action » : les choix d'action sont éminemment politiques, ils font appel à d'autres données, extérieures au monde scientifique. En mettant au point la méthode des Expertises collégiales, l'IRD entend, plus modestement, contribuer à rassembler sur un sujet donné les connaissances disponibles dans la littérature spécialisée, à en dégager la portée dans le cas spécifié, à distinguer les conclusions fermes sur lesquelles les scientifiques peuvent se mettre d'accord, à identifier les points encore controversés et à préciser les domaines sur lesquels les travaux disponibles sont insuffisants pour en tirer quelques conclusions pratiques.

Trois réalités doivent être prises en compte pour réaliser une expertise utile et fiable :

- Le temps de la décision n'est pas celui de la recherche : il est souvent beaucoup plus court. Les citoyens ont besoin que des mesures soient prises vite – parfois en urgence. L'expertise collégiale est organisée pour faire le point sur les connaissances existantes dans la littérature internationale : elle ne comporte pas de collecte de données ou d'exploitations complexes nouvelles.

- La question posée concerne rarement une discipline unique : « toutes les facettes » du problème posé doivent être éclairées en tenant compte de la littérature la plus récente. C'est pourquoi un collège très interdisciplinaire d'une douzaine d'experts est mobilisé. Les conclusions d'ensemble sont

débatues et assumées collectivement, en toute responsabilité. L'IRD fait assurer une relecture du rapport par des personnalités qualifiées extérieures au groupe d'auteurs pour vérifier la complétude de l'exposé, sa clarté et sa conformité à la littérature internationale. Le groupe d'experts reste maître de ses conclusions.

■ Enfin, le langage des différentes disciplines scientifiques peut apparaître comme hermétique aux décideurs comme aux citoyens. Pourtant, le débat public nécessite un accès direct aux raisonnements et aux conclusions des scientifiques-experts. Ceux-ci doivent donc se plier à un double exercice : présenter leurs analyses dans leur langage habituel pour assurer la « traçabilité » de leurs raisonnements ; élaborer une synthèse simple et assez concise, accessible aux non-spécialistes.

L'agenda des expertises, ainsi que la forme des publications, sont fixés en fonction de ces réalités. En particulier, la première et l'ultime phase de l'expertise ont pris une forme originale pour répondre à ces exigences.

■ Avant même de réunir le groupe d'experts, les questions à poser à ces derniers sont mises au point d'un commun accord entre institutions commanditaires (qui souhaitent en général s'entourer d'acteurs-partenaires directement intéressés) et scientifiques au cours d'un « atelier initial ». Il faut, en effet, s'entendre précisément sur les attentes réciproques. D'une part, certaines questions, cruciales pour la décision, ne relèvent pas d'une approche scientifique ; il convient donc de les écarter. D'autre part, pour cibler leurs conclusions, les scientifiques doivent être guidés par une bonne connaissance du contexte dans lequel des décisions doivent être prises.

■ Après rassemblement des données et des analyses apportées par chaque scientifique-expert dans son champ de compétence, la confrontation des connaissances et des avis doit être organisée et les conclusions, élaborées collégialement, doivent être rédigées et publiées sous forme de synthèse accessible à un public relativement large. De telles synthèses, qui représentent un travail considérable rarement réalisé sous cette forme, ont fréquemment une portée (scientifique comme pratique) qui va bien au-delà de la région ou du pays concerné. C'est pourquoi la publication de la synthèse est systématiquement bilingue (français et anglais).

La présente expertise « Espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien » a été réalisée dans cette perspective. Cet ouvrage est la réponse

scientifique à la question que les trois provinces néo-calédoniennes se posent à l'égard de la protection de la biodiversité unique et exceptionnelle de l'archipel. Le cahier des charges, mis au point au cours d'un atelier initial, a comporté seize questions (voir l'annexe 1). Un collège de dix scientifiques a été réuni sous la présidence de monsieur Alain Coléno (voir la composition du groupe en annexe 2).

Conformément aux choix établis pour cette collection, le lecteur trouvera dans l'ouvrage lui-même la synthèse et les conclusions du groupe d'experts, en français et en anglais, ainsi que le CD-Rom, inclus dans la couverture, contenant les chapitres analytiques sur lesquels s'appuie cette synthèse.

Le DEV souhaite exprimer tous ses remerciements aux différents acteurs de cette expertise et, tout d'abord, au comité de suivi (voir l'annexe 3) qui a toujours veillé avec beaucoup d'attention à bien formuler son questionnaire, celui-ci ayant servi de base au développement de la réflexion scientifique. Il souhaite ensuite exprimer sa totale reconnaissance à l'ensemble des experts, maîtres d'œuvre de cette expertise, qui ont eu la responsabilité et le mérite de mener une réflexion collective (ce qui n'est pas toujours aisé) et dont cet ouvrage présente l'aboutissement.

Et comment ne pas exprimer également notre profonde gratitude envers Alain Coléno qui a dirigé ce collège d'experts avec un engagement total, sa grande ouverture d'esprit ayant permis de réaliser l'indispensable intégration des connaissances, ainsi qu'à Fabrice Colin, directeur du centre IRD à Nouméa, qui a bien voulu jouer le rôle d'interface entre Nouméa et Paris et qui a toujours mis sa disponibilité au service de l'expertise. Que soient remerciées très vivement toutes les personnes qui ont bien voulu contribuer à l'expertise ainsi qu'à la réalisation de cette publication, et tout particulièrement Anne Glanard et Michèle Bouchez.

Enfin, tous nos remerciements les plus sincères pour leur lecture approfondie et compétente à messieurs Bernard Chevassus-au-Louis (Museum national d'histoire naturelle) et David Simberloff (Université du Tennessee).

Marie-Laure Beauvais

*Chargée de mission Expertise collégiale
Département Expertise et Valorisation*

Introduction

Chaque année, 25 000 à 50 000 espèces disparaîtraient de la planète du fait des modifications provoquées par l'homme. Or, les invasions biologiques sont considérées par de nombreux organismes internationaux, dont la *World Conservation Union* (Union internationale pour la conservation de la nature, ou UICN), comme la seconde cause d'appauvrissement de la biodiversité au niveau international, juste après la destruction des habitats. Dans les petites entités insulaires, où la biodiversité est à la fois particulièrement originale et vulnérable, elles représenteraient même la première cause de ces extinctions d'espèces. Doté d'une flore et d'une faune uniques au monde, l'archipel néo-calédonien ne fait pas exception. Il se place parmi les dix points chauds (ou *hot spots*) de la diversité tropicale, certaines espèces ne se trouvant nulle part ailleurs. Le taux d'endémisme y est en outre très élevé : entre 75 % et 100 % selon les ordres ou les familles animales et végétales.

Dans un contexte économique fondé sur la multiplication des échanges et sur la liberté des transactions, l'archipel n'échappe pas au risque d'introduction, volontaire ou involontaire, d'espèces animales et/ou végétales pourvues d'un fort potentiel d'envahissement. Le risque est d'autant plus grand que la Nouvelle-Calédonie a vu sa dépendance des importations s'accroître au cours des dernières années, notamment dans le secteur vivrier. Prendre la mesure de ces dangers est un défi de très grande importance que l'on doit apprécier en termes de défense du patrimoine et de l'environnement. La tâche est particulièrement complexe car il n'existe pas de profil biologique spécifique qui permettrait d'identifier *a priori* une espèce comme envahissante. Elle est encore plus difficile sur l'archipel, du fait du grand nombre d'îles qui le composent : les contrôles préventifs ne peuvent se limiter aux points d'entrée internationaux (aéroport de la Tontouta, port de Nouméa), compte tenu du volume des échanges entre les (inter-)îles habitées.

DES PRATIQUES ANCESTRALES

Au plan mondial, la prise de conscience des problèmes posés par les espèces envahissantes fut d'autant plus tardive que, depuis le début de la dernière

ère interglaciaire (celle dans laquelle nous vivons), l'homme n'a cessé de véhiculer des espèces végétales et animales hors de leur habitat d'origine. Les introductions d'espèces ont longtemps été considérées comme un moyen efficace d'améliorer le sort des communautés humaines et en particulier de renforcer les ressources alimentaires d'une population mondiale en pleine expansion. La démarche d'introduction volontaire dans un but utilitaire peut donc être qualifiée de traditionnelle. À telle enseigne que bien peu d'agriculteurs européens, par exemple, seraient en mesure de situer l'origine des espèces végétales qu'ils cultivent au quotidien : des pommes de terre péruviennes au blé noir de Mandchourie, du maïs et des haricots de Mésoamérique aux pommiers du Caucase ou au lin du Proche-Orient, etc. De même, rares sont les éleveurs à savoir que les ancêtres de leurs dindes viennent de Mésoamérique ou du sud de l'Amérique du Nord, que leurs poules sont originaires d'Indonésie et leurs pintades d'Afrique tropicale.

Les introductions, destinées à renforcer le potentiel productif des nations, ont d'ailleurs toujours eu d'ardents défenseurs. Ceux-ci trouveront avec la multiplication des voyages d'exploration, à partir du ^{xvi}^e siècle, des motifs supplémentaires de satisfaction : la découverte de nouveaux continents, dont les Amériques, révèle la prodigieuse diversité des flores exotiques, en particulier celle des flores tropicales. Les « jardins d'acclimatation » vont voir le jour. Parmi eux, l'un des tout premiers, les Jardins du Roy créés en 1635, n'aura d'autre but que de faciliter les introductions d'espèces exotiques. La réussite de ces introductions par des savants tels que Bernard de Jussieu (1699-1777) a suscité l'admiration. Cette tradition sera maintenue lors de la transformation des Jardins du Roy en Museum national d'histoire naturelle en 1793. Geoffroy Saint-Hilaire (1778-1844), zoologiste, créera à cette époque la ménagerie du Jardin des Plantes, mais aussi la Société Impériale d'Acclimatation. Jusqu'à nos jours, l'engouement du public pour des plantes ou des animaux à leurs yeux exotiques ne s'est jamais démenti.

L'inquiétude sur les risques encourus ne date toutefois pas d'aujourd'hui. La littérature abonde en descriptions d'exemples d'introductions fortuites ou volontaires ayant entraîné des épidémies ou des épizooties : les pestes bubonique et respiratoire du Moyen-Âge, les épidémies de grippe, de variole, de choléra, de rage, les épidémies de mildiou chez les végétaux, la propagation des virus du *West Nile*, du Sras, etc. Face à ces risques, les États ont généralement mis en place des systèmes de contrôle et de lutte (biosurveillance, vaccination, mesures d'éradication...). Ces systèmes sont essentiellement

dirigés contre les agents infectieux et les espèces réservoirs et/ou vectrices qui en sont responsables. Le risque correspondant est universellement reconnu par tous et ces mesures, quelles qu'en soient les contraintes, sont unanimement acceptées.

DES ESPÈCES PARFOIS UTILES, PARFOIS SUPERFLUES

Il n'en va pas de même pour les espèces considérées comme « utiles » (espèces horticoles, gibier, plantes d'intérêt agricole, animaux de compagnie...), introduites volontairement pour des motifs parfois très discutables et qui échappent par négligence ou inconscience au contrôle humain, alors qu'elles ont un potentiel d'envahissement insoupçonné ou délibérément ignoré. D'autant qu'il y a encore une vingtaine d'années, une forte proportion de scientifiques manifestait une relative indifférence à ce problème, excepté dans le secteur agronomique, même si la première évocation de la notion d'espèce envahissante remonte en fait à 1855, sous la plume d'Alphonse de Candolle. Mais à l'époque, le botaniste suisse traitait surtout cette question sous l'angle d'une extension d'aire de répartition susceptible d'aboutir au cosmopolitisme d'une espèce.

Bien entendu, toute espèce importée dans un pays, volontairement ou non, ne s'installe pas nécessairement, même de manière fugace, à l'état sauvage. Quant aux espèces introduites, elles peuvent rester cantonnées là où elles ont été implantées. Elles ne sont considérées comme espèces naturalisées que lorsqu'elles s'étendent naturellement hors de ces points d'implantation. Parmi les espèces naturalisées, sont qualifiées d'invasives, ou d'envahissantes, celles qui par leur prolifération dans des milieux naturels ou modifiés produisent des changements significatifs de composition, de structure et/ou de fonctionnement des écosystèmes. Il est clair, cependant, que la grande majorité des introductions ne survit pas. La littérature est peu documentée à ce sujet. Certaines de ces espèces peuvent d'ailleurs rester ignorées pendant très longtemps, disparaître ou se développer en espèces envahissantes dès lors que le changement d'un caractère du milieu les rend plus compétitives.

Sur la base de nombreux exemples, le biologiste britannique Mark Williamson a établi en 1996 une règle dite des 3 x 10. Il semblerait qu'en moyenne, sur 1 000 espèces végétales ayant fait l'objet d'une introduction, 100 seraient implantées, 10 sont réellement naturalisées et une seule deviendra invasive. Cette réduction drastique du nombre d'espèces réellement inva-

sives par rapport au nombre d'espèces introduites volontairement ne doit pas pour autant inciter à négliger la gravité du phénomène, loin de là, comme en témoigne l'exemple que Williamson donne pour la Grande-Bretagne. En effet, sur 12 000 espèces importées au Royaume-Uni, 1 600 sont introduites, 200 seront naturalisées et, parmi elles, 39 seront invasives.

Or, les coûts environnemental et économique de ces invasions peuvent être très élevés (voir les p. 59 et 70). Les espèces étrangères invasives se sont étendues et ont affecté virtuellement chaque type d'écosystème du globe. Elles ont contribué à des centaines d'extinctions d'autres espèces, spécialement en condition d'insularité. Le risque d'homogénéisation des paysages et des écosystèmes s'accroît avec l'évolution des comportements humains. Par exemple, on peut citer l'abolition de la saisonnalité des ventes de fruits et légumes, avec la consommation de fraises, de cerises, de melons ou de haricots verts en hiver. Cela se traduit par l'introduction de ces espèces domestiquées dans des pays situés à des latitudes différentes et, en retour, par des transferts intercontinentaux entre nouveaux lieux de production et de consommation de ces produits, ce qui peut favoriser l'introduction de parasites et « ravageurs » de culture. Les risques sont encore plus grands lorsqu'il s'agit d'échanges de plantes sauvages ou ornementales domestiquées, sous forme de graines, de propagules ou de plantes entières entre continents.

Au plan économique, si l'on tient compte de l'ensemble des secteurs d'activités touchés par ces invasions biologiques (agriculture, pêche et conchyliculture, tourisme, santé humaine...), les dépenses induites sont énormes. La simple invasion des ruchers par l'acarien *Varroa* a un coût estimé pour la Nouvelle-Zélande de 267 à 602 millions de dollars US. Et selon les travaux récents du chercheur américain David Pimentel et de ses collaborateurs (publiés en 2000), qui ont tenté d'agrèger les coûts économiques de tous les dégâts occasionnés par les espèces étrangères aux États-Unis, les dépenses annuelles pour ce pays se monteraient à 137 milliards de dollars.

LES PARTICULARITÉS DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

Du fait même de leur isolement géographique, les petites îles abritent des espèces végétales et animales endémiques parfois uniques au monde. Selon le Fonds pour l'environnement mondial (FEM), on estime qu'environ 75 % des espèces d'oiseaux et d'animaux qui vivaient dans ces îles ont disparu

aujourd'hui, et que l'ensemble des petites îles de la planète abriterait un sixième des espèces végétales menacées. De leur très grand endémisme, les entités insulaires tirent donc leur richesse potentielle mais aussi leur vulnérabilité : vulnérabilité aux effets du réchauffement climatique (augmentation du niveau des mers), aux catastrophes naturelles (feux de brousse, cyclones...), à l'impact des activités minières éventuelles, et, bien sûr, aux espèces introduites et risquant d'être envahissantes.

L'archipel néo-calédonien est l'un des plus tempérés de la zone Pacifique Sud : il bénéficie d'un climat sub-tropical soumis à une influence océanique ainsi qu'au régime des vents alizés. Le caractère tempéré du climat de la Nouvelle-Calédonie et la diversité des régimes hydriques en font un milieu particulièrement adapté à l'installation d'un grand nombre d'espèces potentiellement envahissantes, qu'elles viennent de zones tropicales ou de régions à climat méditerranéen ou océanique. Seuls les organismes ayant besoin de faibles températures lors de leur cycle de développement y sont défavorisés. La pluviométrie, variable selon les zones de l'archipel, a pour effet de freiner le développement de certains organismes, pour lesquels ce facteur est limitant, dans une partie du territoire seulement.

S'ajoute à cela l'occurrence fréquente de cyclones tropicaux. En 25 ans, on a compté six passages de cyclones dans le Sud du territoire et onze dans le Nord. Ces événements climatiques ne peuvent constituer un facteur majeur d'arrivée d'organismes nouveaux, compte tenu des distances entre les îles voisines, d'une surface d'émission suffisante et du sens de déplacement des cyclones (d'est en ouest). Mais ils peuvent accélérer la dissémination au sein même du territoire ou vers les îles proches, et du coup fragiliser les mesures de quarantaine prises dans certaines zones.

Enfin, les échanges économiques actuels de la Nouvelle-Calédonie favorisent l'introduction d'espèces étrangères. L'archipel a notamment vu ses importations de produits alimentaires augmenter de manière significative au cours des dernières années (fruits, légumes, céréales, produits d'élevage de bovins...). L'horticulture ornementale est elle aussi en pleine expansion, en raison d'une demande très forte. Ce qui se traduit par l'importation d'espèces étrangères dont un grand nombre figurent sur les listes de quarantaine, car ces espèces sont considérées comme des supports potentiels d'organismes nuisibles (voir p. 33). En outre, de nouveaux points d'entrée sur le territoire s'ouvrent avec le développement de l'activité minière, qui s'accompagne

d'une augmentation de l'activité de fret, de la pollution, du volume de déchets et du flux de main d'œuvre étrangère.

Notons à ce stade que même une espèce ayant acquis le statut d'espèce indigène dans l'esprit du public peut causer des dommages considérables aux écosystèmes et à la biodiversité. C'est le cas du cerf rusa, qui fait aujourd'hui partie intégrante de la culture néo-calédonienne, alors que son introduction remonte à moins d'un siècle et demi. Douze individus ont été introduits en 1870. Ils étaient 100 000 à 120 000 en 1990, chiffres toujours en évolution. Or, le cerf rusa a contribué de manière significative au recul des formations primaires de la Grande Terre, et tout particulièrement de la forêt sèche, celle-ci ne couvrant plus aujourd'hui que 1 % de la surface qu'elle occupait avant l'arrivée de l'homme (voir les contributions de J.Cl. Lefeuvre et de M. Pascal *et al.*). Son abrutissement excessif entraîne par endroit une modification des faciès de végétation, et entre autres la disparition du sous-bois de la forêt sclérophylle. Il menace également sept espèces végétales endémiques de la forêt sèche (sept espèces classées comme menacées par l'UICN).

Quant aux introductions involontaires, la fourmi électrique en représente un exemple emblématique (voir p. 59 sqq). *Wasmannia auropunctata* est considérée comme autochtone dans une zone qui s'étend des Caraïbes à l'Uruguay et au nord de l'Argentine, englobant presque toute l'Amérique du Sud tropicale et l'Amérique Centrale. Au cours des dernières décennies, cette espèce a été dispersée dans la ceinture tropicale du globe à la faveur du commerce. Introduite accidentellement en Nouvelle-Calédonie au cours des années 1960, sa dispersion initiale a accompagné celle du pin des Caraïbes. Nuisible par sa piqûre, elle colonise les milieux agricoles et urbains ainsi que les milieux naturels. Entre autres inconvénients, elle constitue une source de nuisance majeure pour les vertébrés et les humains, pour les plantes (association avec des phytophages, relations mutualistes avec plusieurs homoptères) et pour la biodiversité (réduction du nombre d'espèces d'arthropodes dans les zones infestées, altération des équilibres écologiques...).

DES CONVENTIONS INTERNATIONALES

Au plan mondial, il existe d'ores et déjà un certain nombre de mesures de protection des territoires, et notamment des systèmes de quarantaine, qui ont évolué au gré de la prise de conscience des problèmes. Ces systèmes sont apparus dans le contexte de l'épidémie de peste qui a frappé l'Europe de la fin du

Moyen-Âge. Les premiers exemples, mis en œuvre dans des ports de l'Adriatique à la fin du ^{xiv}^e siècle, correspondent à des mesures d'isolement des navires maintenus à distance des ports durant une quarantaine de jours (*quarantina* en italien). Ce temps était jugé suffisant pour laisser s'exprimer les symptômes latents de la maladie redoutée. Ce délai a été réduit avec l'amélioration des connaissances sur ces fléaux sanitaires. Si dès le ^{xiv}^e siècle, l'établissement d'un lien objectif entre le développement des épidémies et la circulation (circulation des personnes en la circonstance) a été pris en compte, la mise en œuvre de la quarantaine est restée empirique jusqu'à la fin du ^{xix}^e siècle.

La fin du ^{xix}^e siècle a été marquée par la vision pasteurienne des épidémies, appliquée également aux animaux et aux plantes. Les échanges de plus en plus fréquents et rapides de populations et de marchandises entre les continents ont en effet permis de constater que ce qui était observé pour les hommes valait pour les animaux et les plantes. Les crises phytosanitaires à répétition (notamment celles de la vigne en Europe, avec l'installation du phylloxéra) ont rendu évidente la nécessité d'une évolution des dispositifs. Dès la fin de ^{xix}^e siècle, des lois instituant les procédures de quarantaine étaient adoptées pour les animaux (loi sur les maladies contagieuses de 1869 au Royaume-Uni, par exemple), suivies en 1884 par une loi comparable aux États-Unis d'Amérique. Pour les plantes, des textes restrictifs sur les échanges ont été adoptés à la fin du ^{xix}^e siècle : la Convention de Berne préparée en 1881 (pour le phylloxéra de la vigne) et adoptée en 1889, la loi sur les insectes nuisibles adoptée en 1877 par le Royaume-Uni et l'Irlande (en prévention de l'introduction du doryphore), complétée en 1907 par la prise en compte des maladies.

Il a cependant fallu attendre la veille de la première guerre mondiale, pour qu'un dispositif de quarantaine complet à l'importation soit mis en place par différents pays du continent européen. Près d'un siècle s'est en fait écoulé avant qu'une nouvelle dimension du risque soit prise en compte, c'est-à-dire celle liée à la notion d'espèces envahissantes (EE) pour les milieux (voir l'encadré). Il reste toutefois des questions en suspens, auxquelles aucun texte, ni dispositif actuel, n'apporte de solution. En particulier, si les espèces envahissantes potentiellement nuisibles aux plantes (cultivées ou non) sont progressivement prises en compte dans le cadre de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV), celles qui n'interfèrent pas avec les végétaux, ou qui le feraient de manière très indirecte, ne disposent pas de dispositif de surveillance et de réglementation organisé. D'où la difficulté de prévenir et de gérer correctement le risque (voir p. 84 sqq). De même, les

espèces animales envahissantes réputées non nuisibles aux végétaux, directement ou indirectement, et non vecteurs de maladies prises en compte par les services vétérinaires, restent actuellement sans surveillance organisée.

Quelques grandes étapes des mesures de protection

1911 : mise en place en France, comme dans d'autres pays européens, d'un système de quarantaine complet à l'importation.

1912 : adoption de dispositions comparables par les États-Unis d'Amérique.

1929 : la Conférence de Rome pose les bases des textes sur lesquels s'appuiera la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV).

1951 : adoption sous l'égide de la FAO de la CIPV.

1973 puis 1997 : révision de la CIPV pour la mettre en conformité avec les Accords du GATT. La seconde révision établit également que la CIPV s'applique à la protection des plantes, cultivées ou non, et inclut la protection contre les dégâts directs et indirects causés par les organismes nuisibles (par exemple, les mauvaises herbes). Le cadre de cette Convention s'étend donc à la protection de l'environnement lorsqu'il s'agit des menaces des organismes nuisibles sur la vie et la santé des végétaux et des écosystèmes. Cette nouvelle forme de quarantaine pourrait être qualifiée de quarantaine écologique ou environnementale (à l'instar des quarantaines sanitaire et phytosanitaire dont il était seulement question auparavant).

1992 : adoption de la Convention sur la diversité biologique (CDB), qui sera ratifiée par de nombreux pays mais pas les États-Unis. Elle intègre les aspects touchant aux espèces envahissantes, notamment celles qui menacent les écosystèmes, les habitats et d'autres espèces.

Depuis 1999 : la Commission intérimaire chargée de l'application des mesures phytosanitaires (ICPM) a œuvré pour clarifier son rôle par rapport aux espèces envahissantes qui sont également des parasites pour les végétaux.

2000 : le protocole de Carthagène réactive le recours au principe de précaution, mais seulement lorsque ce dernier s'applique aux effets défavorables potentiels d'un organisme vivant génétiquement modifié.

2001 : la Commission intérimaire chargée de l'application des mesures phytosanitaires (ICPM 3) a statué que les espèces envahissantes, également parasites des plantes qui n'étaient pas présentes ou distribuées de façon limitée et sous contrôle officiel, pouvaient être considérées comme des parasites de quarantaines et faire l'objet des mesures dans le cadre de la CIPV.

EN NOUVELLE-CALÉDONIE

L'analyse de la situation néo-calédonienne et de son système de biosécurité doit être replacée dans ce contexte international (voir p. 93 sqq). Au sein de l'archipel, la loi organique du 19 mars 1999 a institué des structures dont elle régit également les compétences respectives. En ce qui concerne les ressources naturelles et l'environnement, l'État conserve, hors des eaux territoriales, l'exercice des compétences résultant des conventions internationales. La Nouvelle-Calédonie est compétente en matière de réglementation et d'exercice du droit d'exploitation, de gestion et de conservation des ressources naturelles biologiques et non biologiques de la zone économique exclusive. Elle est également compétente en matière de réglementation zoosanitaire et phytosanitaire, ainsi que pour les abattoirs. Les provinces ont en charge tous les domaines qui ne sont pas réservés à l'État, à la Nouvelle-Calédonie et aux communes. La protection de leur environnement est de leur responsabilité. Elles réglementent et exercent les droits d'exploration, d'exploitation, de gestion et de conservation des ressources naturelles biologiques et non biologiques des eaux intérieures, dont celles des rades et lagons, du sol et du sous-sol, et des eaux surjacentes de la mer territoriale.

Le Comité consultatif de l'environnement, créé au titre de la loi de 1999, comprend des représentants de l'État, du gouvernement, des provinces et des communes. Une délibération du congrès en précise la composition, le fonctionnement et les attributions. En ce qui concerne les dessertes aériennes et portuaires, elles sont sous la responsabilité territoriale. Les réglementations sanitaire, zoosanitaire et phytosanitaire existent bien, mais elles ne couvrent pas explicitement les espèces animales ou végétales susceptibles d'interférer avec des aspects strictement environnementaux. Quoi qu'il en soit, il manque une harmonisation de toutes les initiatives et la mise en œuvre d'un ensemble cohérent de mesures de protection contre les espèces envahissantes. En outre, l'implication de la population néo-calédonienne est une condition nécessaire à la réussite de la lutte contre ces espèces (voir p. 84). C'est sur la base de ce constat et des dégâts d'ores et déjà observés que les responsables de ces provinces (Nord, Sud, îles Loyauté) ont décidé de commander une expertise collégiale à l'Institut de recherche pour le développement (IRD).

LE CHEMIN DE L'EXPERTISE COLLÉGIALE

La Nouvelle-Calédonie et les trois provinces ont, depuis quelques années, mené plusieurs initiatives sur le thème des espèces envahissantes dans le but de pouvoir, à terme, mettre en place une structure chargée de définir une stratégie collective sur la préservation et la conservation de la biodiversité. Parallèlement à ces actions, les collectivités de Nouvelle-Calédonie ont souhaité disposer d'un état des connaissances sur cette problématique. Elles ont sollicité l'IRD pour la mise en œuvre d'une expertise collégiale.

En juillet 2004, le Département Expertise et Valorisation (DEV) est chargé d'instruire et de construire la réponse de l'IRD en se déplaçant à Nouméa. Il s'agissait de prendre en compte, aussi largement que possible, les expériences et les interrogations à la fois des décideurs mais aussi des acteurs de terrain, ce qui a permis de fixer un premier cadre de travail.

L'expertise proprement dite a démarré en décembre 2004 avec l'organisation de « l'atelier initial ». L'objectif de cet atelier était de rassembler des experts scientifiques sur les espèces envahissantes et les responsables de l'environnement de l'archipel néo-calédonien, les demandeurs de l'expertise, afin de formaliser les questions fondatrices de l'expertise et de proposer un cadre précis constitutif du cahier des charges. Cette phase, qui est absolument fondamentale, ne devait rien laisser dans l'ombre des motivations et des attentes des commanditaires.

Ceci permet de comprendre le souci constant à ce niveau de rencontrer tous les acteurs impliqués directement ou indirectement dans le domaine de l'expertise. La rédaction du cahier des charges qui s'ensuit devait refléter exactement les attentes des demandeurs. Il est clair, cependant, que les contributions des experts, exclusivement basées sur les données de la littérature publiée et sur celles provenant de la littérature grise (dans la mesure où ces dernières étaient disponibles et fiables), peuvent ne répondre que partiellement ou de manière insuffisante aux attentes des commanditaires. C'est la raison pour laquelle les experts se sont ménagés la possibilité de répondre « à dire d'expert » sur les points insuffisamment documentés. Ils ont également admis la nécessité d'apporter des conclusions au plus près des besoins éventuels des instances opérationnelles, en tenant compte de la spécificité de chacune des entités de l'archipel.

Les deux premiers mois de l'année 2005 ont permis de rassembler un collège d'experts de réputation internationale, apte à couvrir les différents aspects du champ de l'expertise. Le DEV s'est assuré, à ce niveau, de l'intervention finale de David Simberloff (Université du Tennessee), et de Bernard Chevassus-au-Louis (président du Museum national d'histoire naturelle) pour la relecture critique de l'ensemble des contributions des experts ainsi que du texte de synthèse.

La première réunion du collège d'experts s'est tenue en avril 2005 en Nouvelle-Calédonie. L'objet de cette réunion était double (triple). Il s'agissait, d'une part, pour chacun des experts, de s'appropriier personnellement et collectivement les domaines couverts par l'expertise ainsi que les attentes des commanditaires. Il s'agissait, d'autre part, de discuter et d'établir définitivement le cadre de chacune des contributions prévues. Il s'agissait, enfin, d'organiser le plan de travail collectif. L'objectif était de définir les contraintes de temps et d'espace nécessaires pour produire, courant décembre 2005, un document cohérent et pertinent répondant à la demande d'une expertise collégiale sur les espèces envahissantes dans l'archipel néo-calédonien.

À la mi-octobre 2005, a eu lieu la deuxième et dernière réunion de travail entre les experts. Cette réunion faisait le point sur les contributions et réglait les problèmes de cohérence. Un schéma de la synthèse du rapport a été également présenté au Comité de pilotage de l'expertise.

Synthèse et Recommandations

Ces espèces qui envahissent la Nouvelle-Calédonie

C'est au début des années 1980 que le premier programme international sur les espèces envahissantes voit le jour. Intitulé « L'écologie des invasions biologiques », ce programme était lancé en 1982 à l'initiative du *Scientific Committee on Problems of the Environment* (SCOPE), qui dépend du Conseil international pour la science (ICSU). L'un des premiers ouvrages publiés dans le cadre de ce programme (en 1986) concerne l'Australie, qui a vu le nombre d'espèces introduites et naturalisées dans au moins quatre États augmenter linéairement depuis l'arrivée des Européens (1788). Il sera suivi de plusieurs ouvrages relatifs à d'autres régions du monde : l'Amérique du Nord et Hawaii, l'Afrique du Sud, l'Europe et le Bassin méditerranéen, les Tropiques. La synthèse de l'ensemble du programme paraîtra en 1989 sous le titre *Biological invasion, a global perspective* (J.A. Drake *et al.*, John Wiley & Sons Ltd).

En ce qui concerne la Nouvelle-Calédonie, on peut supposer que des espèces y ont été introduites depuis environ 4 000 ans. De fait, la venue de l'homme y fut assez tardive, comme en témoigne l'un des plus anciens sites archéologiques ayant été découverts à ce jour (sur l'île des Pins), datant de 2000 ans avant J.-C. Depuis cette époque, la présence humaine semble avoir été permanente, la découverte de la Grande Terre par le Britannique James Cook remontant à l'année 1774 de notre ère. L'histoire géologique mouvementée des quelques centaines d'îles qui constituent la Nouvelle-Calédonie, leur isolement géographique ancien, leurs singularités topographiques, hydrologiques et climatiques, permettent de supposer, et cela a été largement vérifié, qu'elles se distinguent les unes des autres par la richesse et la composition de leurs flores et de leurs faunes autochtones. Ce chapitre propose une première évaluation du nombre et de la nature des espèces envahissantes, animales et végétales.

QUESTIONS DE DÉFINITION

Dans les développements qui suivent, nous qualifions d'envahissante « toute espèce (allochtone, exotique, importée) dont l'introduction volontaire ou fortuite, mais surtout la prolifération dans les milieux naturels ou semi-naturels, provoquent ou sont susceptibles de provoquer des nuisances » dans l'archipel néo-calédonien (Anonyme, 2004). On utilisera parfois le terme d'« invasif », par analogie avec la terminologie anglo-saxonne (*invasive*)

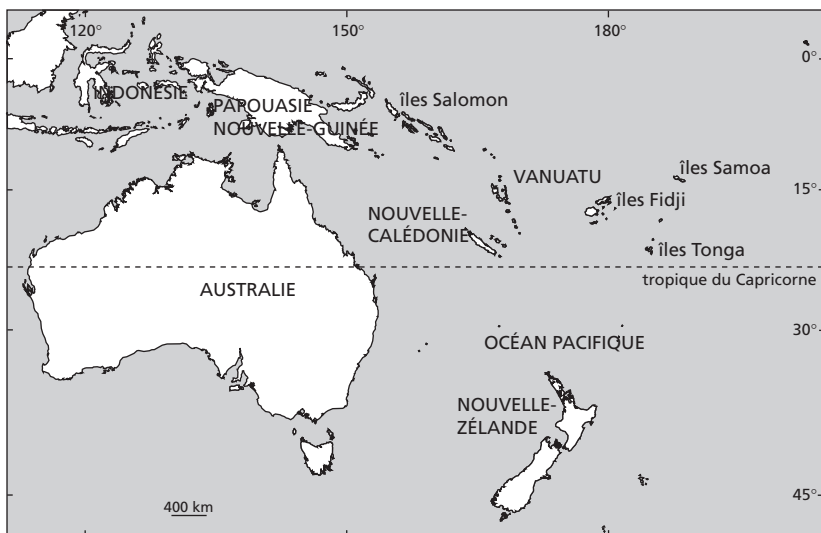
Par espèce allochtone d'une entité biogéographique, on désigne une espèce vivant dans une entité extérieure à l'aire de répartition naturelle de l'espèce. Ce qualificatif s'oppose donc à autochtone. Les définitions d'allochtone et d'autochtone se réfèrent ainsi à la notion d'aire de répartition naturelle d'une espèce, qui n'a aucune raison de correspondre aux limites géographiques des États, et encore moins à des limites administratives. Compte tenu du grand nombre d'îles constituant le territoire néo-calédonien, une espèce donnée peut fort bien être autochtone (souvent endémique) de l'une d'entre elles, voire d'une partie de son territoire, et allochtone des autres. Bien entendu, une espèce peut être allochtone sans pour autant être invasive¹.

UN ARCHIPEL TRÈS EXPOSÉ

Caractérisée par un climat tropical plutôt « tempéré », la Nouvelle-Calédonie connaît deux saisons principales : une saison chaude (mi-novembre à mi-avril) et une saison fraîche (mi-mai à mi-septembre). Entre les deux, on distingue deux intersaisons : la petite saison sèche (mi-avril à mi-mai) et la saison sèche (mi-septembre à mi-novembre). La température moyenne annuelle

¹ Pour plus de précision sur ces définitions, consulter en particulier les contributions de M. Pascal *et al.* et de J.-Y. Meyer *et al.* Par ailleurs, sur la base de ces définitions, on ne traitera pas ici des espèces ou variétés qui, bien qu'indigènes (autochtones) ou endémiques peuvent devenir envahissantes. En Nouvelle-Calédonie, c'est par exemple le cas de *Casuarina collina* (casuarinacée) et de *Acacia spirobis* subsp. *spirobis* (légumineuse), qui manifestent un comportement invasif dans les groupements végétaux dégradés par les activités humaines. C'est aussi le cas de *Commersonia bartramia* (malvacée) à Port-Bouquet et dans la vallée de la Tchamba, ou de la liane *Mucuna platyphylla* (légumineuse), qui sont capables de se propager rapidement et/ou de former des couverts monospécifiques au détriment d'autres plantes indigènes. S'il n'est pas nécessaire, ni prioritaire de les éradiquer (tâche d'ailleurs impossible), il faut éviter de les propager, et si possible informer les pays et archipels voisins sur les risques d'invasion par ces espèces néo-calédoniennes.

varie entre 21,9 °C et 24,1 °C, avec un maximum aux mois de janvier et février. Ce climat relativement clément offre des conditions favorables à l'installation d'un grand nombre d'espèces envahissantes. Les disparités sont toutefois significatives entre les différentes zones de l'archipel, du fait de sa configuration géographique (voir la Carte 1) : la sécheresse de la côte ouest et du nord contraste avec le climat beaucoup plus arrosé des régions de la côte est et du sud. Les différences de pluviométrie d'une zone à l'autre limitent naturellement l'extension sur tout le territoire des espèces envahissantes, étant donné la spécificité des besoins en eau de chaque espèce.



Carte 1

Carte de situation

Située entre 18° et 23° de latitude S et entre 164° et 167° de longitude E, la Nouvelle-Calédonie est constituée d'une île principale, la Grande Terre, et de dépendances, le tout représentant une superficie totale émergée de 18 585 km².

La Grande Terre (16 890 km²) se prolonge par de petites îles isolées comme l'île des Pins, au sud, ou l'archipel des Belep dans le lagon au nord. Au nord s'étendent les atolls coralliens de Huon et de Surprise (récifs d'Entrecasteaux). L'archipel des Loyauté, au nord-est de la Grande Terre, comprend trois îles principales : Ouvéa, Lifou, Maré. À l'ouest de la Grande Terre, s'étend en particulier le plateau des Chesterfield avec les deux atolls de Chesterfield et de Bellona.

La vulnérabilité de l'archipel est pour une grande part liée à ses échanges commerciaux (voir en particulier la contribution de M. Delos *et al.*) La Nouvelle-Calédonie commerce avec près de 150 pays (Europe occidentale et centrale, Europe de l'Est, États-Unis, Asie, Afrique, Proche-Orient). Les partenaires sont pour moitié des pays tempérés industrialisés (46 % des importations en valeur depuis la France en 2003), l'autre moitié étant constituée de pays tropicaux (35 %) et de pays insulaires au climat similaire à celui de la Nouvelle-Calédonie (15 %). Parmi les biens importés (voir le tableau 1) : les produits alimentaires (+ 24 %, en valeur de 1994, entre 1999 et 2003), les machines (+ 85 %), le matériel de transport (+ 238 %), le bois (stable).

Tableau 1 – Importations de la Nouvelle-Calédonie entre 2001 et 2003 en millions de F CFP (1000 F CFP = 8,38 €)

Catégorie	2001	2002	2003
Produits alimentaires	19 545	19 859	20 480
Produits minéraux	18 053	17 033	16 826
Produits chimiques	9 655	10 674	11 435
Produits caoutchouc plastique	5 109	5 175	5 264
Bois et ouvrages en bois	1 537	1 440	1 671
Papiers et ouvrages en papier	3 728	3 590	3 743
Produits textiles	4 240	4 352	4 462
Métaux et ouvrages en métaux	7 611	8 146	8 750
Machines, appareils, matériel électrique	23 519	23 138	26 760
Matériel de Transport	19 431	19 373	46 909
Autres	11 744	14 398	17 568
Total	124 171	127 178	163 869

Source : Direction régionale des douanes

Du fait de l'évolution de l'économie de la Nouvelle-Calédonie, l'agriculture ne représente plus que 1,9 % du PIB, proportion similaire à d'autres collectivités ultramarines ou à la métropole.

Si le secteur alimentaire dépend encore massivement des importations (environ 70 000 tonnes de produits frais d'origine animale ou végétale chaque année) de productions techniquement ou économiquement non réalisables localement (cultures tempérées, produits surgelés), le contexte agricole a considérablement évolué depuis 15 ans. Durant cette période, le taux de couverture par la production locale a augmenté de 41 % à 53 % en raison d'une progression régulière de la production agricole dont la valeur est passée de 34,5 M€ en 1991 à 88,8 M€ en 2004.

De nouvelles filières ont émergé durant cette période avec, en particulier, l'exportation de squash (petite cucurbitacée) vers le Japon (3 029 tonnes en 2002) et d'autres exportations de fruits et légumes qui ont connu un développement remarquable avec une valeur de la production augmentant de 8,4 à 24,3 M€.

Cependant, les productions locales, et en particulier celles des fruits et légumes, sont périodiquement touchées par les cyclones (Rewa en 1994, Béti en 1996, Frank en 1999, Erica en 2003) qui induisent des importations nécessaires. Or, les fruits et légumes constituent les principaux vecteurs des *Tephritidae* (mouches des fruits) dont l'introduction d'espèces supplémentaires est indésirable en Nouvelle-Calédonie. En ce qui concerne les céréales, la production a été multipliée par 18 en 10 ans (6 095 tonnes de maïs et 19 tonnes de blé pour l'année 2003). Mais de nombreux organismes spécifiques du maïs sont mentionnés sur les listes de quarantaine (une liste non encore exhaustive).

L'horticulture ornementale est par ailleurs un secteur en pleine expansion. De 37, en 1989, le nombre d'exploitations est passé à 168, en 2003, et il continue de progresser. L'essentiel des exploitations (70 %) se concentre dans la province Sud, où la demande est la plus forte. Cette région concentre ainsi 95 % des 100 hectares consacrés à l'horticulture sur le territoire. Les trois quarts de ce matériel végétal de base est importé, d'où un facteur de risque important (voir le tableau 2).

Les espèces florales les plus commercialisées sous forme de fleurs coupées sont les roses (plus d'un million de tiges), les anthuriums (plusieurs centaines de milliers de tiges), les tournesols, les strelizias (plusieurs dizaines de milliers), les gerberas et les orchidées, les deux dernières étant pour la plupart directement importées. Toutes ces espèces (en pots ou fleurs coupées) constituent des supports potentiels d'organismes nuisibles majeurs figurant sur les listes de qua-

Tableau 2 – Origine des produits de l'horticulture ornementale (fleurs coupées et plants d'ornement)

	Arbres mères sur l'exploitation	Matériel végétal acheté localement	Matériel végétal importé	Matériel végétal collecté dans la nature	Autre provenance
Province des îles Loyauté	80 %	7 %	0 %	7 %	6 %
Province Nord	58 %	26,1 %	7,7 %	6 %	2,1 %
Province Sud	15,4 %	6,8 %	75,5 %	2,3 %	0 %
Nouvelle-Calédonie	16,1 %	7,1 %	74,4 %	2,3 %	0,1 %

rantaine, qu'il s'agisse d'insectes [*Aleurodes (Bemisia sp.)*, mineuses (*Lyriomyza sp.*), noctuelles (*Hélicoverpa sp.*)] ou de bactéries (*Xanthomonas*). Signalons, par exemple, qu'à la faveur d'échanges de plants, la bactérie *Xanthomonas campestris pv dieffenbachiae* s'est implantée dans de nombreux pays tropicaux où la culture de l'anthurium est possible. La polyphagie de certains de ces organismes les rend aussi dangereux pour les végétaux des milieux naturels que pour les espèces cultivées avec lesquelles elles sont introduites.

L'introduction d'espèces exotiques, végétales et/ou animales, peut également être le fait de touristes. Aujourd'hui, ce risque semble relativement réduit, en raison du faible développement de l'activité touristique (environ 100 000 touristes par an, chiffre stable depuis 10 ans). Le nombre de touristes a malgré tout doublé entre 1986 et 2003, ce qui doit inciter à la vigilance, d'autant que certains points d'entrée des croisiéristes peuvent être insuffisamment surveillés.

En revanche, les flux de main d'œuvre liés à l'exploitation du nickel induisent un risque important. La Nouvelle-Calédonie, qui détient environ 20 % des réserves de la planète, est à ce jour le troisième producteur mondial. Sa production continue de progresser et s'appuie pour une grande part sur de la main d'œuvre étrangère.

En liaison avec l'activité minière, de nouveaux points d'entrée sur le territoire ont d'ailleurs été mis en place, ou le seront à court terme : Koumac (au nord de la Grande Terre), Goro (au sud de la Grande Terre), mais également à Koné (à l'ouest de la Grande Terre). Traditionnellement, les points d'entrée à surveiller étaient essentiellement le port de Nouméa, où se fait 99,9 % du trafic de marchandises, et l'aéroport international de Tontouta, qui voit transiter 200 000 voyageurs par an, pour moitié touristes, pour moitié résidents (l'introduction d'espèces exotiques étant plus à craindre de la part des résidents que des touristes). Le trafic postal constitue une autre voie d'entrée d'espèces envahissantes. Le risque est de plus en plus important à la faveur du succès des achats en ligne *via* l'internet, les produits étant ensuite acheminés par courrier. C'est en particulier le cas de graines et de semences destinées à l'horticulture commerciale ou résidentielle.

Le contrôle des points d'entrée internationaux représente bien sûr l'un des points clés d'un système de prévention contre les espèces envahissantes et d'un dispositif de biosécurité. Cela ne doit pas faire oublier que le trafic intérieur, notamment inter-îles, représente un facteur de contamination important d'une île à l'autre.

VERTÉBRÉS ENVAHISSANTS

Par souci de rigueur, le phénomène des invasions biologiques doit être appréhendé sur une période suffisamment longue, à l'inverse de trop nombreux travaux qui portent sur une période récente. Ces derniers présupposent à tort que les sociétés humaines n'auraient que très récemment influé sur leur environnement, ce qui conduit à des biais d'interprétation : ils tiennent alors pour naturelles des situations qui sont en fait le résultat de longues pratiques anthropiques néolithiques. En conséquence, le domaine temporel pris en compte dans cette étude s'étend de 2000 ans avant J.-C. (date des plus anciens témoignages archéologiques de présence humaine) à aujourd'hui (en 2005). De même que sera retenue, dès lors qu'elle est connue, la date d'introduction de l'espèce, sans préjuger de sa date d'installation dans les milieux naturels.

Par ailleurs, parmi les espèces autochtones ou allochtones réputées appartenir à la faune de Nouvelle-Calédonie, une partie seulement se repro-

duit sur son territoire, et certaines ne le fréquentent qu'à d'autres périodes de leur cycle biologique. De nombreuses espèces d'oiseaux entrent dans cette dernière catégorie, mais aussi des poissons ou des mammifères (comme les cétacés, qui se reproduisent en mer). C'est pourquoi dans la suite, il sera inclus dans la définition d'allochtone et d'autochtone le fait de s'y reproduire et de constituer une ou des population(s) pérenne(s). Sans ce préalable, il faudrait répertorier toutes les espèces allochtones représentées fugacement sur ce territoire, ce qui est exclu en l'état actuel des connaissances. En outre, un tel exercice présenterait peu d'intérêt dans le cadre de la présente étude.

Cela étant admis, on dénombre à l'échelle de l'archipel néo-calédonien quelque 295 espèces de vertébrés terrestres ou d'eau douce et saumâtre. Sur ces 295 espèces, 9 espèces anguilliformes et 7 espèces mugiliformes sont réputées se reproduire exclusivement en mer, ce qui réduit à 279 le nombre de celles à retenir dans cette étude, conformément aux règles précitées. Au cours des quatre derniers millénaires (époque mélanésienne jusqu'en 1774, époque historique ensuite), 18 espèces ont disparu du territoire, quinze d'entre elles, endémiques de la Nouvelle-Calédonie, sont éteintes à l'échelle du globe (soit 8 % des vertébrés endémiques et autochtones du territoire). Parmi ces disparitions, 14 (soit 76 %) sont intervenues pendant la période mélanésienne : 4 espèces de reptiles, 10 espèces d'oiseaux. Les 4 autres (soit 24 %) sont intervenues pendant la période historique et ne concernent que des oiseaux. Cela revient à évaluer le taux de disparition par siècle à 0,4 pendant la période mélanésienne et à 1,6 pendant la période historique, soit quatre fois plus.

Le nombre d'espèces allochtones représente 15 % du nombre total d'espèces recensées, soit, en faisant abstraction des espèces disparues, 16 % du peuplement actuel de la Nouvelle-Calédonie. Elles représentent aujourd'hui 17 % du peuplement de poissons, 100 % des amphibiens (une seule espèce), 4 % du peuplement de reptiles, 17 % du peuplement d'oiseaux et 57 % du peuplement de mammifères. Sur les 42 espèces allochtones recensées, 4 ont envahi le territoire récemment et de façon apparemment spontanée. Il s'agit de 4 oiseaux : la gallinule sombre (*Gallinula tenebrosa*), le vanneau soldat (*Vanellus miles*), le blongios nain (*Ixobrychus minutus*) et le grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*). Sur les 38 autres, 37 ont été introduites à l'époque historique, délibérément ou non, et une seule de façon certaine à l'époque mélanésienne : le rat du Pacifique (*Rattus exulans*). Par ailleurs, il se

pourrait que la présence du boa de Bibron (*Candoia bibroni*), de cinq geckos (*Gehyra vorax*, *Hemidactylus garnotii*, *Hemiphyllodactylus typus*, *Lepidodactylus lugubris*, *Nactus pelagicus*) et d'un scinque (*Emoia cyanura*) provienne, soit d'invasions spontanées, soit d'introductions par l'homme. Au cas où cette hypothèse se confirmerait, cela porterait le nombre d'espèces allochtones de la Nouvelle-Calédonie à 49 (18 % de son peuplement actuel). S'il s'avérait que leur apparition date de l'époque mélanésienne, 8 invasions se seraient produites pendant cette époque et 41 pendant l'époque historique, soit respectivement 16 % et 84 % du total des invasions.

Tableau 3 – Effectif des vertébrés disparus, endémiques, autochtones et allochtones de chaque entité insulaire prise en considération

Entité insulaire	Disparus	Endémiques	Autochtones	Allochtones*	indice d'allochtonie en %**
Chesterfield	0	0	15	1 (0)	6,7
Île des Pins	8	27	36	3 (7)	4,8
Grande Terre	17	100	82	42	23,1
Entrecasteaux 1	1	0	16	2	12,5
Entrecasteaux 2	0	0	15	0	0
Ouvéa	0	11	38	5 (4)	12,2
Lifou	1	16	41	5 (3)	10,5
Tiga	1	1	19	3 (7)	15,0
Maré	2	16	38	6 (6)	13
Walpole	1	0	14	1 (2)	7,1
Matthiew	0	0	8	0 (3)	0
Hunter	0	0	7	0 (3)	0

* Entre parenthèses : le nombre d'espèces potentiellement présentes dont l'absence n'est pas spécifiée dans les textes.

** Pourcentage représentant le nombre d'espèces allochtones présentes par rapport au nombre cumulé d'espèces endémiques et autochtones.

Ce sont bien sûr les îles habitées qui représentent le taux d'allochtonie le plus important (voir l'inventaire détaillé sur la contribution de M. Pascal *et al.*, et le tableau 3). Celui de la Grande Terre, qui héberge la totalité des espèces allochtones de Nouvelle-Calédonie, est près de deux fois plus élevé que celui des diverses îles des Loyauté (la valeur très basse enregistrée pour l'île des Pins semblant sous-estimée). Les entités insulaires très isolées et jamais habitées détiennent le taux le plus bas (Entrecasteaux 2, Walpole et Hunter). La Grande Terre constitue donc une source potentielle majeure d'introduction pour les autres entités insulaires néo-calédoniennes (proximité géographique, relations commerciales privilégiées). À noter que les îles Belep et Beautemps-Beaupré, ainsi que certaines îles satellites des grandes îles ont été éliminées de l'étude, par manque de données. Par ailleurs, les îles du plateau des Chesterfield ont été regroupées en un seul ensemble et celles des récifs d'Entrecasteaux en deux ensembles, compte tenu des informations disponibles.

L'impact de nombreuses espèces allochtones de vertébrés reste inconnu, faute d'étude disponible. Le tableau 4 présente les espèces dont l'impact a déjà fait l'objet d'une documentation en Nouvelle-Calédonie et celles dont on connaît les effets dans d'autres régions (voir les fiches détaillées dans la contribution de M. Pascal *et al.*). Certaines d'entre elles figurent sur la liste de l'UICN des 100 espèces engendrant les dysfonctionnements les plus importants sur les écosystèmes d'accueil.

Outre les facteurs de contamination déjà cités entre la Grande Terre et les autres îles (proximité géographique, trafic de marchandises et de passagers), il en est un troisième directement lié aux motivations des introductions d'espèces (cynégétique, pêche, colombophilie, aquariophilie, nouvelles espèces d'animaux de compagnie...). Si certaines de ces introductions peuvent au prime abord sembler légitimes, il ne faut jamais oublier que toutes ont des conséquences et qu'elles sont à proscrire en l'absence de solides travaux d'écologie destinés à en apprécier les rapports bénéfiques/risques. Les mesures prises pour limiter les introductions d'espèces allochtones depuis l'extérieur du territoire doivent donc également être mises en application au sein du territoire.

Le peu de connaissances sur la biologie, l'écologie et l'impact local des 20 espèces du tableau 4 interdit d'en établir une liste hiérarchisée fiable en fonction du risque encouru par les écosystèmes néo-calédoniens ou la santé humaine et animale. En revanche, le fait que 12 d'entre elles soient sur la liste de l'UICN les désigne comme devant faire l'objet très rapidement d'une

Tableau 4 – Impact des espèces allochtones de vertébrés en Nouvelle-Calédonie*

Nom vernaculaire	Noms scientifiques	Île d'introduction	Présence dans d'autres îles	Impact en Nouvelle-Calédonie (NC)	Impact connu en d'autres régions	Liste UICN
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	Grande Terre années 1950				X
Atrichan à grande bouche (Black-bass)	<i>Micropterus salmoides</i>	Grande Terre années 1960		Cause majeure de l'extinction de <i>Galaxias neocaledonicus</i> , endémique en NC. Vecteur potentiel de la septicémie hémorragique virale		X
Tilapia du Mozambique	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Grande Terre en 1854				X
Rainette verte et dorée	<i>Litoria aurea</i>	Grande Terre fin XIX ^e siècle	Île des Pins, îles Loyauté, Lifou, Maré	Carnivore, cannibalisme occasionnel, porteuse de larves d' <i>Angiostrogylus cantonensis</i> pouvant parasiter l'homme		
Trachémide écrite (tortue de Floride)	<i>Trachemys scripta</i>	Grande Terre dernière décennie			Risque de développement de salmonelloses chez les humains	X

* Pour plus d'informations, se reporter à la contribution de M. Pascal et al.

Tableau 4 – (suite)						
Nom vernaculaire	Noms scientifiques	Ile d'introduction	Présence dans d'autres îles	Impact en Nouvelle-Calédonie (NC)	Impact connu en d'autres régions	Liste UICN
Margouillat	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Grande Terre 2 ^e Guerre mondiale	Ile des Pins et Lifou (au minimum)	Comportements agonistiques envers d'autres geckos, excluent les formes parthénogénétiques d' <i>Hemidactylus garnotii</i> et de <i>Lepidodactylus lugubris</i>		
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	Grande Terre début 1970			A entraîné la disparition du canard à sourcil en Nouvelle-Zélande (par introgression génétique)	
Martin triste	<i>Acridotheres tristis</i>	Grande Terre 1867			Potentiellement réservoir et vecteur d'agents pathogènes comme la grippe aviaire	X
Bulbul à ventre rouge	<i>Pycnonotus cafer</i>	Grande Terre milieu des années 1980			Impact similaire à celui du martin triste, mais de plus grande ampleur	X

Tableau 4 – (suite)

Nom vernaculaire	Noms scientifiques	Île d'introduction	Présence dans d'autres îles	Impact en Nouvelle-Calédonie (NC)	Impact connu en d'autres régions	Liste UICN
Chien	<i>Canis lupus</i>	Grande Terre 1774 (?)	Toutes les îles	Impact important sur l'avifaune (cagou), suspecté dans la disparition du râle de Lafresnaye (oiseau). Prédation de cerfs rusa et de cochons (?)		
Chat	<i>Felis silvestris</i>	Grande Terre avant 1860	Îles Loyauté	Risque pour riche faune endémique de reptiles néo-calédoniens	Graves atteintes aux peuplements d'oiseaux et de reptiles. Quelques 3 500 chats (chiffre 1977) aux îles Kerguelen prélèveraient 1,2 à 1,3 millions d'oiseaux par an	X
Porc marron	<i>Sus scrofa</i>	Grande Terre 1774	Île des Pins, îles Loyauté	Dégâts sur cultures vivrières et commerciales, impact négatif sur la malacofaune, la microfaune terrestre, sur de nombreux fruits, graines, rhizomes, tubercules de plantes, et peut-être sur certains oiseaux	Impact dévastateur démontré dans de nombreuses îles du Pacifique	X

Tableau 4 – (suite)						
Nom vernaculaire	Noms scientifiques	Île d'introduction	Présence dans d'autres îles	Impact en Nouvelle-Calédonie (NC)	Impact connu en d'autres régions	Liste UICN
Cerf rusa	<i>Cervus timorensis</i>	Grande Terre 1870	Îlots satellites de la Grande Terre	Dégâts sur forêts sèches et sans doute forêts humides, menace pour plus d'une dizaine d'espèces végétales considérées comme menacées par l'UICN, favorise sans doute le développement de pestes végétales, dégâts sur cultures et plantations forestières		
Bœuf	<i>Bos primigenius</i>	Grande Terre vers 1850	Îles Loyauté	Les pâturages seraient responsables de la disparition de savanes boisées. Dissémination de plantes envahissantes (graminées, cypéracées, herbacées dicotylédones)	Considéré comme menace majeure pour la biodiversité de certaines îles du Pacifique	
Chèvre	<i>Capra aegagrus</i>	Grande Terre vers 1850	Ouvéa, îles Loyauté	Menace pour un ligneux endémique (<i>Ochrosia inventorum</i>), effets négatifs sur la régénération de plantes endémiques en forêt sèche	Considéré par certains comme l'espèce la plus destructrice pour les milieux insulaires du globe	X

Tableau 4 – (suite)						
Nom vernaculaire	Noms scientifiques	Ile d'introduction	Présence dans d'autres îles	Impact en Nouvelle-Calédonie (NC)	Impact connu en d'autres régions	Liste UICN
Souris grise	<i>Mus musculus</i>	Grande Terre vers 1850	Entrecasteaux, Ouvéa, Lifou	Réservoir et vecteur de divers agents pathogènes (pour l'homme et l'animal), comme la bactérie responsable de la leptospirose	Occasionne des pertes importantes dans les plantations de canne à sucre en Martinique et Guadeloupe	X
Rat du Pacifique	<i>Rattus exulans</i>	Antérieure à la période historique	Grande Terre, Ouvéa, Lifou	Interrogations sur les interactions entre les trois espèces de <i>Rattus</i> , voire avec la souris grise, et sur la faune parasitaire, et la flore bactérienne qu'elles partagent, aux conséquences possibles sur la santé humaine et animale		
Rat surmulot	<i>Rattus norvegicus</i>	Grande Terre vers 1850	Lifou	Probablement impact important sur l'herpétofaune endémique, sur l'avifaune qui niche à terre ou sous terre, et sur la végétation	Impact négatif sur les avifaunes, herpétofaunes, carcinofaunes, entomofaunes et malacofaunes autotictones des milieux insulaires tropicaux. Réservoir vecteur de nombreux pathogènes	

Tableau 4 – (suite)						
Nom vernaculaire	Noms scientifiques	Ile d'introduction	Présence dans d'autres îles	Impact en Nouvelle-Calédonie (NC)	Impact connu en d'autres régions	Liste UICN
Rat noir	<i>Rattus rattus</i>	Grande Terre vers 1850	Entrecasteaux, Lifou	Impact sur l'avifaune, l'herpétofaune sur la malacofaune (île des Pins), ravageur des cultures et des stocks alimentaires	Ravageur de cultures, effet dépressur sur l'avifaune marine, propagateur d'espèces allochtones, réservoir et vecteur de nombreux pathogènes (peste, bilharziose, salmonellose, leptospirose)	X
Lapin de garenne	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Îlot Leprédour vers 1870	Grande Terre	Menace pour la très riche flore endémique	Impact sur la composition floristique et le couvert végétal. Accélère les processus d'érosion. Réservoir et vecteur de virus (myxomatose, <i>Viral Haemorrhagic Disease...</i>)	X

attention particulière. D'autres, comme le cerf rusa, imposent d'adopter des solutions pragmatiques (voir la contribution de J.-Cl. Lefeuvre). Le cerf rusa est à la fois crédité du statut d'animal domestique et d'animal de chasse : la production de viande de cerf a été multipliée par plus de 7 entre 1991 et 2002. Son éradication rencontrerait une très forte opposition des populations. Il faut donc imaginer une gestion de ce problème à l'échelle locale (création de zones protégées, plans de chasse raisonnée...).

PLANTES ENVAHISSANTES

Il sera ici question des plantes actuellement envahissantes mais aussi des plantes potentiellement envahissantes. Ces dernières sont soit présentes en Nouvelle-Calédonie, mais à l'état d'« espèces dormantes », soit encore absentes mais connues pour produire des dégâts importants dans les îles tropicales et subtropicales du Pacifique et de l'océan Indien. L'objectif n'est pas de fournir des fiches descriptives de ces plantes (disponibles dans la bibliographie ou sur des sites internet ; voir la contribution de J.-Y. Meyer *et al.*), mais d'essayer de les hiérarchiser au vu de leur impact écologique et socio-économique.

Selon l'inventaire le plus récent des plantes introduites et cultivées en Nouvelle-Calédonie (voir le *Catalogue des plantes introduites et cultivées en Nouvelle-Calédonie* de H.S. MacKee, Museum national d'histoire naturelle, 1994), on dénombre 1 412 taxons (espèces, sous-espèces, variétés et cultivars). Parmi eux, on compte 708 taxons cultivés, 170 cultivés ou spontanés, 87 spontanés. Il semble que 360 de ces taxons soient naturalisés, dont 64 (soit 4 % de la flore introduite et 18 % de la flore naturalisée) peuvent être considérés comme des plantes envahissantes (voir la liste des plantes considérées comme envahissantes en Nouvelle-Calédonie dans la contribution de J.-Y. Meyer *et al.*). À ces 64 s'ajoutent le pin des Caraïbes, l'*Imperatra cylindrica* (mauvaise herbe) et l'*Heteropogon contortus* (également mauvaise herbe), ce qui porte à 67 le nombre d'espèces envahissantes dans l'archipel.

On trouve des plantes introduites sur toutes les îles principales de Nouvelle-Calédonie (Grande Terre, îles Loyauté, île des Pins, îles Belep, île Walpole), la Grande Terre en concentrant le plus fort pourcentage avec 1 294 espèces sur 1 412 (voir le tableau 5). De même, toutes les îles principales sont touchées par les plantes envahissantes, la Grande Terre se plaçant là encore en tête (64 espèces sur 67), suivie par l'île des Pins et les îles Loyauté.

Tableau 5 – Nombre et répartition des espèces introduites (envahissantes, naturalisées, subspontanées et cultivées) dans l'archipel néo-calédonien (modifié, d'après MacKee, 1994)

	Envahissantes	%	Naturalisées	%	Subspontanées et cultivées	Total
Archipel	67	100	296	100		
Grande Terre	62	98	276	93	956	1294
Îles Loyauté (Maré, Lifou, Ouvéa, Tiga)	17	30	110	37	69	196
Île des Pins	31	49	71	24	31	133
Îles Belep (Art, Pott)	1	2	25	8	7	33
Île Walpole	5	8	-	-	-	-
Îles Yandé, Néba, Balabio, Baaba	2		-		-	
Île Surprise	1		-			-
Île Pam	1		-		-	
Île Matthew	-		-		-	
Îles Chesterfield	-		-		-	
Île hunter	-		-		-	
Sans localité ou aucun spécimen vu ou présence douteuse	1		-		-	

Il n'existe pas, à proprement parler, de système adopté au plan international pour classer et hiérarchiser par ordre d'importance les espèces végétales envahissantes. Une classification des 117 principales plantes envahissantes en Afrique du Sud a été récemment effectuée par un panel d'experts. Ils se sont appuyés sur une méthodologie croisant quatre facteurs : l'aire de répartition actuelle de l'espèce (très large, large ou localisée), l'abondance géographique de l'espèce (abondante, commune, rare), les habitats susceptibles d'être envahis (nombre élevé, modéré, petit, zones riveraines) et la taille de propagules (nombre d'individus, élevé, modéré ou faible). Pour Q.C.B. Cronk et J.L. Fuller (1994), les plantes envahissantes majeures ou dominantes sont les espèces introduites et naturalisées « qui causent une modification significative dans la composition, la structure et le fonctionnement de l'écosystème ».

Parmi les espèces ayant un impact écologique et socio-économique important figurent :

■ les plantes aquatiques tropicales et subtropicales (*Eichhornia* spp., *Salvinia molesta*, *Egeria densa*) capables d'envahir les lacs, mares et rivières, de provoquer une baisse d'oxygénation des eaux et de la lumière, de favoriser une augmentation de la turbidité et de la sédimentation, d'induire l'assèchement ou l'eutrophisation des cours d'eau et d'obstruer les canaux d'irrigation ;

■ les graminées dites pyrophytes (*Andropogon* spp., *Melinis* spp., *Pennisetum* spp.) qui forment des touffes denses hautement inflammables, augmentant l'intensité et la fréquence des feux, et capables de se régénérer après incendie ;

■ des arbres sur-consommateurs d'eau (*Acacia mearnsii*, *Tamarix* spp., *Prosopis* spp.) qui épuisent cette ressource limitée en zone sèche ;

■ les légumineuses (*Acacia* spp., *Paraserianthes falcataria*) et *Myrica faya* qui enrichissent le sol en azote et perturbent la succession secondaire naturelle ;

■ les lianes grimpantes (*Thunbergia* spp., *Passiflora* spp.) capables de recouvrir complètement les canopées.

La liste des « 100 espèces étrangères parmi les plus envahissantes dans le monde » proposée par l'UICN contient 32 plantes terrestres et deux plantes aquatiques d'eau douce présentant les caractéristiques ci-dessus. Parmi ces 34 plantes, 9 se rencontrent en Nouvelle-Calédonie : *Arundo donax*, *Eichhornia crassipes*, *Imperata cylindrica*, *Lantana camara*, *Leucaena leucocephala*, *Schinus terebinthifolius*, *Wedelia trilobata*, *Miconia calvescence*, *Merrenia peltata*.

Quant aux plantes potentiellement envahissantes en Nouvelle-Calédonie, elles sont déterminées par comparaison avec des plantes devenues envahissantes ailleurs. C'est ainsi que sur 300 plantes envahissantes et mauvaises herbes majeures dans les îles et régions tropicales et subtropicales, 165 sont présentes sur l'archipel néo-calédonien, dont 47 également envahissantes, 66 naturalisées, 12 subsponsanées et 40 cultivées (voir la contribution de J.Y. Meyer *et al.*). Le temps de latence entre le moment de l'introduction de l'espèce et celui où elle se révèle envahissante peut atteindre 100 ans. Chaque invasion biologique est un cas très particulier qui dépend à la fois des caractéristiques de l'espèce, de son origine, de son histoire, mais aussi des caractéristiques du milieu envahi.

Reste que le nombre d'espèces introduites, naturalisées et envahissantes dans l'archipel néo-calédonien, ainsi que leur densité par km², semble relativement faible comparé à ce qui est observé dans les îles tropicales océani-

ques voisines du Pacifique (Hawaii, Polynésie française) ou de l'Océan Indien (la Réunion). De même, le pourcentage de la flore naturalisée par rapport à l'ensemble de la flore néo-calédonienne est peu élevé (10 % contre, par exemple, 40 à 50 % en Nouvelle-Zélande). Mais le développement économique actuel de la Nouvelle-Calédonie, associé à l'augmentation des échanges commerciaux et touristiques, risque de conduire à une augmentation (volontaire ou accidentelle) du nombre de plantes étrangères, donc à un risque plus élevé d'introduction de plantes envahissantes ou potentiellement envahissantes.

Outre les modes d'introduction liés aux activités agricoles, horticoles et industrielles, un certain nombre de facteurs favorise l'introduction d'espèces éventuellement invasives : les perturbations naturelles (incendies, cyclones) ou anthropiques (fragmentation des forêts, surpâturage...), les phénomènes de mutualisme avec la présence d'espèces animales allochtones, l'invasibilité d'habitats naturels. Une attention toute particulière doit donc être portée aux espèces non encore présentes dans l'archipel, mais aussi à celles présentes et non encore naturalisées. Quoi qu'il en soit, il est aujourd'hui important d'actualiser le recensement de 1994. D'autant qu'il existe sans doute un biais dans l'évaluation de la situation de l'archipel telle qu'évoquée ci-dessus, en raison du manque d'inventaire récent publié.

INVERTÉBRÉS INTRODUICTS ET POTENTIELLEMENT ENVAHISSANTS

En Nouvelle-Calédonie, on estime à plus de 25 000 le nombre d'espèces d'invertébrés, parmi lesquelles seulement 6 000 seraient décrites. Faut de enregistrements fossiles, il est difficile d'établir les changements faunistiques anciens. Pourtant, il est probable que dès l'époque mélanésienne, il y ait eu des introductions d'invertébrés, associées aux déplacements de plantes (hibiscus, bananiers, ...). Quoi qu'il en soit, à partir des données bibliographiques, une liste de 518 taxons, dont la présence ne peut s'expliquer sans intervention humaine, a été établie. Cette liste comprend: 1 oligochète, 2 myriapodes, 3 crustacés, 17 nématodes, 31 mollusques, 43 arachnides et 421 insectes (voir la contribution de Jourdan et Mille). Parmi ces espèces, 511 maintiennent des populations pérennes dans la nature : 21 espèces concernent les milieux d'eau douce, 66 sont des invertébrés en interaction avec la santé humaine ou vétérinaire, 55 sont des auxiliaires de lutte biolo-

gique, et enfin 369 espèces concernent les milieux anthropiques et/ou naturels. Nous retrouvons dans cette dernière catégorie les ravageurs agricoles. Certaines de ces espèces constituent des espèces de quarantaine pour le commerce mondial, et des traitements spécifiques sur les cargaisons à risque en provenance de Nouvelle-Calédonie sont imposés par les pays importateurs, comme dans le cas de la mouche des fruits, *Bactrocera tryoni*. La majorité des introductions sont accidentelles, cependant 51 espèces ont été introduites délibérément, dont 47 à des fins de lutte biologique (42 se sont établies avec succès) et 4 autres à des fins alimentaires : l'escargot de bourgogne *Cantareus aspersus* et 3 variétés de l'abeille domestique. Tous les milieux naturels néo-calédoniens sont concernés par les invertébrés allochtones. Par contre, la plupart des exotiques sont recensées sur la Grande-Terre, l'information reste lacunaire pour les autres îles. L'impact de la plupart de ces allochtones reste également inconnu, faute d'étude disponible. Dans ce contexte, il est difficile de hiérarchiser les espèces en fonction de leurs impacts écologiques et socio-économiques ; ou d'identifier les « espèces dormantes ». De ce point de vue, nous rappellerons que 6 des 14 invertébrés classés parmi les 100 espèces envahissantes qui engendrent les dysfonctionnements les plus importants selon l'IUCN, sont présents en Nouvelle-Calédonie : l'escargot géant d'Afrique *Achatina fulica*, l'euglandine rose *Euglandina rosea*, l'aleurode *Bemisia tabaci*, et les fourmis *Anoplolepis gracilipes*, *Pheidole megacephala* et *Wasmannia auropunctata*.

Quant aux espèces susceptibles d'envahir le territoire, elles se comptent par centaines, voire par milliers. Une recherche bibliographique dans les territoires insulaires proches, a cependant permis d'établir une liste prioritaire de 541 taxa susceptibles d'être introduits en Nouvelle-Calédonie (voir la contribution de Jourdan). Cette liste comprend une majorité d'insectes (475 taxons), pour la plupart phytophages, mais également des arachnides (29 taxons), des mollusques (20 taxons) et des nématodes (17 taxons). La menace apparaît très variée, les quelques exemples proposés ci-après permettent de mesurer l'ampleur des nuisances éventuelles.

La fourmi de feu (*Solenopsis invicta*)

Cette espèce sud-américaine est aussi connue sous le nom de Rifa, pour *Red Imported Fire Ant*. Elle a fait ses premiers ravages en Alabama, au début du xx^e siècle, pour ensuite envahir tout le sud des États-Unis. Dotée d'un

venin très puissant, elle est tristement célèbre pour ses effets négatifs sur la santé publique, sur l'agriculture, sur les infrastructures, sur la biodiversité et sur la qualité de la vie. Au cours des 20 dernières années, elle a envahi des îles des Caraïbes, en provenance de Floride, et elle pourrait continuer sa progression vers les îles du Pacifique en l'absence de mesures concertées. Une colonie peut contenir plus de 200 000 ouvrières. À raison de 150 colonies à l'hectare, leur densité peut atteindre jusqu'à 3 000 fourmis au mètre carré. Elles piquent dès qu'elles se sentent attaquées, chaque fourmi étant capable d'infliger plusieurs piqûres très douloureuses. Attirées par les équipements électriques, elles endommagent également toutes sortes d'équipements (boîtiers de feux de circulation, éclairages des pistes d'aéroports, systèmes de distribution électrique, systèmes de communication...). Des dizaines de millions de dollars US sont dépensés chaque année en pesticides, seuls moyens de contrôle actuel. Un plan de prévention des fourmis dans le Pacifique a été proposé, mais il attend un financement (voir la contribution de Lloyd Loope). De toutes les fourmis présentes dans la zone Pacifique, la fourmi de feu constitue avec la fourmi électrique la plus grande menace pour la qualité de vie humaine et pour la biodiversité.

La cicadelle à ailes vitreuses ou cicadelle pisseuse en Polynésie française (*Homalodisca coagulata*)

Cette cicadelle est une espèce native du sud-est des États-Unis et du nord-est du Mexique. Sans doute transporté par des plantes d'ornement importées, cet insecte s'est établi à la fin des années 1980 dans le sud de la Californie, où il est aujourd'hui considéré comme un organisme nuisible majeur : il se nourrit et se reproduit sur plus de 300 espèces végétales (récoltes agricoles, plantations ornementales urbaines, espèces végétales indigènes...). Sa principale menace vient de sa capacité à véhiculer une bactérie, *Xylella fastidiosa*, qui se multiplie dans le xylème, produit des sécrétions et finalement bouche les canaux de transport de l'eau, jusqu'au dessèchement mortel de la plante hôte. Au premier rang des victimes, la vigne (y compris pour le raisin de table dont on connaît les projets de développement en Nouvelle-Calédonie).

Sa présence conjuguée à celle de la bactérie transmissible *Xylella* peut constituer un énorme danger pour les végétaux indigènes et les écosystèmes des îles du Pacifique. La cicadelle à ailes vitreuses se multiplie par exemple rapidement sous le climat chaud et humide de la Polynésie française, où la

présence de *Xylella* n'est toutefois pas encore avérée. Aucun biocontrôle n'a été à ce jour couronné de succès en Californie. À Hawaï, en revanche, où la cicadelle est introduite depuis 2004, un « agent de biocontrôle spontané » (un œuf parasite) limite pour l'instant son extension.

La cochenille du Pandanus

Sur l'île de Maui (Hawaï), une cochenille du nom de *Thysanococcus pandani* Stickney attaque l'arbre côtier *Pandanus tectorius*, entraînant de graves dommages et parfois la mort. Cet insecte n'était jusqu'alors connu qu'à Java et à Singapour. C'est en 1995 qu'il a fait son apparition à Hawaï, dans le jardin botanique de Hana (Maui), avant de se répandre sur toute la côte nord de Maui, sans toutefois atteindre les autres îles de Hawaï. Par le passé déjà, à la fin des années 1920, la plupart des *Pandanus tectorius* et *Pandanus spurius* de l'île de Rarotonga (îles Cook) avaient apparemment été détruits par *Laminicoccus pandani*. De même, il semble que de vastes zones plantées de *Pandanus tectorius* ont été détruites dans les années 1980 sur Atiu et Mangaia par cette même cochenille.

Le genre *Pandanus* est une source importante de fibre. La Nouvelle-Calédonie en compte 18 espèces, dont 16 sont endémiques. Compte tenu de l'expérience acquise dans d'autres régions du Pacifique, l'archipel néo-calédonien devrait se protéger contre les parasites de *Pandanus*. Une première étape consisterait à dresser la liste des insectes et des maladies qui attaquent les espèces de *Pandanus* dans les îles du Pacifique.

La cochenille des cycas (*Aulacaspis yasumatsui*)

Indigène en Thaïlande et dans le sud de la Chine, cette cochenille fut décrite en 1972 à partir d'un *Cycas* sp. de Thaïlande. C'est à partir de 1996 qu'elle a été trouvée hors d'Asie du Sud-Est : sur des cycas d'ornement à Miami, puis à Hawaï. Elle a ensuite été détectée à Guam fin 2003 sur un cycas d'ornement, *Cycas revoluta*. Facilement transportée par le vent, elle s'est étendue sur les deux tiers du nord de l'île de Guam dans les deux ans qui ont suivi, infestant et tuant les cycas d'ornement et indigènes. *Cycas micronesica*, un cycas indigène propre à la Micronésie, semble particulièrement sensible, avec des taux de mortalité de 100 % dans les zones infestées.

Comme de nombreux végétaux vasculaires de Nouvelle-Calédonie, les cycas constituent un groupe primitif de végétaux antérieurs à la plupart des taxons

végétaux. Sur les 185 espèces de cycas connues dans le monde, la Nouvelle-Calédonie n'a qu'une seule espèce indigène, *Cycas celebica*. Le cas de la cochenille des cycas et son effet sur *Cycas micronesica* à Guam peuvent être interprétés comme un exemple particulièrement pertinent pour la Nouvelle-Calédonie, qui compte plusieurs douzaines d'espèces gymnospermes primitives.

La chenille urticante (*Darna pallivitta*)

Indigène en Asie du Sud-Est, cette espèce envahissante a été découverte à Hawaii sur les palmiers d'une pépinière en 2001. Elle se nourrit sur un grand nombre de végétaux à feuillage et sa piqûre est douloureuse. Des entomologistes et des taxonomistes du ministère hawaïen de l'Agriculture semblent avoir trouvé des ennemis naturels de la chenille urticante (une guêpe ectoparasitaire et une mouche parasite), qui pourraient servir d'agents de biocontrôle.

Les moucheron culicoïdes (*Culicoides* spp.)

Surtout présents dans les régions tropicales et subtropicales continentales, ils ne se trouvent guère dans les îles océaniques (sauf le *nono* de Polynésie française). Les femelles adultes de nombreuses espèces ont la spécialité d'aspirer le sang des vertébrés (humains et animaux domestiques ou sauvages). Au-delà de l'inconfort, ils véhiculent un certain nombre de virus, de protozoaires et de nématodes. L'impact potentiel de ces moucheron sur les oiseaux des îles peut également être significatif. Les moucheron du grand genre *Culicoides* (plus de 1 000 spp.) et de trois autres genres de la même famille (*Ceratopogonidae*) posent des problèmes en santé animale et humaine dans de nombreuses régions du monde.

ESPÈCES ENVAHISSANTES EN EAU DOUCE

Le réseau hydrographique de la Grande Terre est assez dense, même si la forme allongée de l'île et son relief montagneux ne favorisent guère l'existence de grands cours d'eau. Les étangs, lacs et marais y occupent une superficie d'environ 4 000 hectares. La plaine des Lacs en particulier, au sud de la Grande Terre, se distingue par un taux d'endémisme très élevé, tant pour la faune que pour la flore. Dans les îles Loyauté, en revanche, il n'existe aucun réseau hydrographique constitué.

En l'état actuel des prospections, on dénombre 50 à 60 espèces dans la flore aquatique (espèces sub-aquatiques non comprises), parmi lesquelles

11 à 12 sont endémiques, dont 4 très rares. Quant aux communautés benthiques d'invertébrés, elles sont largement dominées par les insectes (75 des 167 taxons identifiés). Par ailleurs, la richesse spécifique en poissons des « creeks » calédoniens, 64 espèces dont 11 endémiques, est très supérieure à celle de la Réunion ou de la Polynésie. Parmi ces espèces : le *Galaxias neocaledonicus*, qui serait un vestige de l'ancienne faune du Gondwana. On observe la même richesse chez les crustacés décapodes (37 espèces, 14 endémiques). Le record d'endémicité est toutefois tenu par les mollusques : chez les gastéropodes d'eau douce, le taux d'endémicité est de 80 % (65 espèces sur 81), tandis qu'il atteint 100 % dans la famille des *Hydrobiidae*.

En dépit de la fragilité des écosystèmes dulçaquicoles et de leur richesse en espèces endémiques, de nombreuses autres espèces y ont été introduites. Une douzaine d'entre elles sont des espèces envahissantes ou susceptibles de l'être : *Pistia stratiotes*, *Nymphoides indica*, *Eichhornia crassipes*, *Typha domingensis*, *Marsilea mutica*, *Ipomoea aquatica*, *Ludwigia octovalvis*, *Cladium mariscus*, *Hydrilla verticillata*, *Lemna aquinoctialis*, *Salvinia auriculata* et *Azolla pinnata*. D'ores et déjà, il conviendrait d'en éradiquer sept, ou au minimum de les contrôler (voir le tableau 6).

Parmi les espèces non encore présentes, mais contre lesquelles il faut se prémunir : l'élodée brésilienne (*Egeria densa*) qui peut former des tapis très denses et faire disparaître des espèces aquatiques autochtones des lacs et rivières. On la trouve à Hawaii, sur l'île de Pâques, en Nouvelle-Zélande et en Australie. Les seules tentatives d'éradication sont à base chimique, ce qui est peu envisageable en Nouvelle-Calédonie.

En ce qui concerne les crustacés et les poissons, la plupart des introductions auraient été réalisées à l'initiative de la Commission Pacifique Sud, à des fins d'autosuffisance alimentaire. On a ainsi introduit deux espèces d'écrevisses et treize de poissons : le tilapia du Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), le *Tilapia zillii*, le *Sarotherodon occidentalis*, le black-bass à grande bouche (*Micropterus salmoides*), le gourami perlé (*Trichogaster pectoralis*), le dalag (*Channa striata*), le guppy (*Poecilia reticulata*), la gambusie (*Gambusia affinis*), le porte-épée (*Xiphophorus hellerii*), le gourami géant (*Osphronemus gouramy*), la carpe (*Cyprinus carpio*), le carassin doré ou poisson rouge (*Carassius auratus*) et la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Les quatre dernières espèces de cette liste ne se sont pas acclimatées tandis que certaines ont disparu (la gambusie et le *Tilapia zillii*). Uniquement sept espèces se sont acclimatées et peuvent constituer un réel danger pour les espèces indigènes, c'est notamment le cas du black-bass (voir le tableau 4).

Tableau 6 – Sept plantes aquatiques, déjà présentes, à éradiquer ou à contrôler*

	Régions envahies, hors Nouvelle-Calédonie	Impact sur l'environnement	Tentatives d'éradication et/ou contrôle	Liste UICN
<i>Eichhornia crassipes</i>	Afrique du Sud, de l'Est, de l'Ouest, Hawaii, Fiji, Nouvelle-Zélande, Australie, Chine, Vietnam, Philippines...	Prolifération abondante et rapide	Lutte chimique peu efficace, début de contrôle par lutte biologique	X
<i>Salvinia auriculata</i>	Originnaire d'Amérique du Sud, zones tropicales, subtropicales, tempérées chaudes	Espèce à croissance rapide, forme des tapis de végétation dense qui réduisent la lumière et la teneur en oxygène de l'eau, affectant la vie végétale et animale des milieux envahis	Contrôle chimique possible. Lutte biologique plus efficace	
<i>Pistia stratiotes</i>	Pacifique Nord et Sud, Hawaii et Guam autres îles (lagunes, lacs, étangs, canaux de drainage)	Peut former des tapis très denses. Conséquences possibles : blocage des systèmes d'irrigation, habitats favorables aux moustiques, dégâts dans les piscicultures	Lutte biologique	
<i>Hydrilla verticillata</i>	Fiji, Guam, Hawaii, Polynésie française, Australie	Elle peut former de véritables tapis dans les canaux et les mares au niveau de la mer (Fiji)	Moyens mécaniques : succès limité. Herbicides : efficace mais incompatible avec la protection des milieux riches en espèces endémiques	
<i>Lemna aequinoctialis</i>	Toutes les régions tropicales et subtropicales	Abondante dans les lacs d'eau douce, les étangs, les canaux et la partie lente des rivières		
<i>Ludwigia octovalvis</i>	Toutes les îles du Pacifique	S'adapte aux sols humides et peut se trouver en altitude (jusqu'à 2 000 mètres en Nouvelle Guinée)		
<i>Ipomoea aquatica</i>	Cultivée pour ses feuilles : Fiji, Micronésie, îles Salomon, invasive à Guam, en Polynésie française	Peut se répandre dans les rivières et les champs	Essais aux herbicides (inacceptables dans les zones à haute valeur écologique). Pas de contrôle biologique à ce jour	

* Pour plus d'informations, se reporter à la contribution de J.-C. Lefeuvre

Quels risques et quels impacts environnementaux ?

Dans le domaine environnemental comme ailleurs, il est toujours plus périlleux et incertain, au plan de l'efficacité, de gérer une crise plutôt que de la prévenir. Le cas des espèces envahissantes ne fait pas exception. Or, la prévention en la matière dépasse largement le cadre du contrôle aux frontières internationales, même si celui-ci est primordial. En Nouvelle-Calédonie peut-être plus qu'ailleurs, une stratégie adaptée suppose aussi de surveiller les éventuelles contaminations à l'intérieur du pays, notamment le risque de transfert inter-îles. Certaines espèces peuvent en effet se révéler inoffensives sur une partie du territoire et envahissantes dans une autre, du fait de conditions écologiques différentes. La surveillance est d'autant plus nécessaire que le pourcentage d'espèces allochtones varie considérablement selon les îles. On sait, par exemple, que le pourcentage de vertébrés allochtones atteint 22,3 % sur la Grande Terre, alors qu'il est nul sur une partie des récifs d'Entrecasteaux.

La mise en place de mesures et de dispositifs de surveillance pertinents dépend, entre autres, d'une évaluation suffisamment fiable des risques d'invasion. Les impacts environnementaux seront d'autant plus grands que ces risques auront été sous-estimés.

DE L'INTRODUCTION D'UNE ESPÈCE À SA PROPAGATION

Entre l'introduction d'une espèce allochtone et l'invasion proprement dite, il peut s'écouler une durée plus ou moins longue. Le processus d'invasion se déroule selon trois grandes phases : l'introduction, l'établissement et l'invasion. En ce qui concerne l'introduction, elle peut être volontaire (activité économique, de loisirs...), mais aussi totalement fortuite (voir le tableau 7). Le contrôle est d'autant plus aisé qu'une introduction est volontaire et liée à une activité économique d'envergure. Il ne s'agit pas pour autant de sous-

estimer le problème : en Nouvelle-Zélande, on estime par exemple à 75 % la proportion de mauvaises herbes (*weeds*) menaçant l'environnement alors qu'elles avaient été introduites pour usage horticole.

Tableau 7 – Exemples de vecteurs d'introduction

(source : S. Burgiel *et al.*, 2005)

Introductions volontaires		Introductions involontaires
Introductions directes dans l'environnement	Introductions en captivité/endiguement	
Agriculture	Évasion de jardins botaniques ou privés	Bâtiments, véhicules (terre, air, mer)
Forêt	Zoos	Ballasts
Amélioration du sol	Élevage animal	Nettoyage de coques (marine)
Horticulture	Apiculture	Fret maritime
Préservation de l'environnement	Aquaculture	Containers maritimes
Lâchers de poissons	Commerce d'animaux de compagnie	Bagages/équipements personnels
Chasse et pêche	Autres commerces (aquarium, horticulture d'étangs...)	Produits agricoles
Lâcher de mammifères comme source de nourriture	Unités de recherche	Contaminants des semences
Contrôle biologique		Terre, gravier, sable...
Aide alimentaire		Bois
Contrebande		Matériel d'emballage
Usages religieux, esthétiques, médicaux		Équipements, machines et véhicules souillés (militaires, construction)
		Courrier postal
		Déchets solides
		Aquaculture (parasites, maladies)
		Fleurs coupées
		Jardinerie commerciales

Quant à l'établissement d'une espèce introduite, c'est-à-dire sa phase d'acclimatation (d'adaptation), elle dépend d'un grand nombre de facteurs. Elle est bien sûr liée aux caractéristiques du milieu d'accueil : nature du sol, des plantes hôtes, fractionnement du milieu ou pas, etc. Elle est également liée au type d'environnement humain (présence de contrôles, densité de population...). Elle dépend enfin des caractéristiques mêmes de l'espèce (taux de croissance, capacité reproductive...) et de la diversité génétique des individus introduits.

La dernière étape, celle de la propagation, provient elle aussi de la combinaison de facteurs humains et naturels. La nature des communications et l'aménagement du territoire jouent en outre un rôle important : la construction de nouvelles voies, l'aménagement résidentiel ou commercial et la modification de l'occupation des sols consacrés à l'activité agricole sont autant de facteurs de perturbation favorisant la propagation. Mentionnons à ce propos la possibilité d'un phénomène de « latence » dans l'invasion : une espèce introduite dans un espace limité peut rester en veille mais se propager brusquement et causer des dommages après une période relativement longue, sans que la cause en soit toujours bien déterminée. Ce phénomène rend d'autant plus difficile l'identification de la voie d'introduction, et donc la politique de lutte à conduire.

QUEL RISQUE D'INVASION ?

Le risque d'invasion sera défini ici comme la probabilité d'aboutissement d'un processus complet, de l'introduction de l'espèce à sa propagation, en passant par son établissement, et conduisant à un dommage environnemental caractérisé (c'est-à-dire identifié). L'évaluation de ce risque doit intégrer la capacité de l'écosystème récepteur à absorber les chocs liés aux introductions, elle-même affectée par les circonstances économiques locales. Il est donc nécessaire de tenir compte à la fois de facteurs biologiques et de facteurs économiques. La grande majorité des travaux sur l'évaluation des probabilités d'invasion se focalise sur des espèces particulièrement représentatives, ou associées à un dommage environnemental ou économique majeur, et/ou sur des milieux spécifiques.

Dans ce contexte, il existe trois types de modèles. Les premiers se fondent sur des critères géographiques, climatiques et/ou biophysiques. C'est

ainsi qu'un modèle à grande échelle a été réalisé pour la fourmi rouge : à partir de données essentiellement climatiques, il propose une évaluation de la probabilité d'invasion dans l'ensemble des pays du globe (y compris îles et archipels). D'autres modèles utilisent des équations « gravitaires » corrélant l'effectif d'espèces envahissantes découvertes avec des données commerciales et économiques. Ils ne s'intéressent alors qu'à des données caractérisant l'introduction (volume cumulé de marchandises importées, taille du pays, densité de population...). Le troisième type de modèles part des données réelles d'inspection. Il procède souvent d'une échelle plus fine et pour des espèces dont le mode d'introduction est fortement spécifique (coques de bâtiment, palettes en bois, ballasts de navires...).

D'une manière générale, les évaluations de la probabilité d'invasion partagent un certain nombre de critères communs.

- Cette probabilité croît avec le volume cumulé d'importations de marchandises et du trafic passager. Ce critère concerne la première étape du processus.

- Elle décroît dans le temps avec la probabilité d'invasion d'autres milieux ou de pays similaires (une espèce ayant envahi des milieux comparables et n'ayant pas encore envahi le milieu considéré aura d'autant moins de chances de le faire).

- Elle est corrélée positivement avec le degré de similitude entre les principaux partenaires commerciaux et le pays importateur. Ce critère concerne les étapes d'établissement et de propagation.

- Les produits intermédiaires sont plus susceptibles de favoriser la propagation d'espèces envahissantes que les produits finis destinés à être utilisés ou consommés rapidement. On peut citer dans cette catégorie, par exemple, les végétaux tels que les pousses et les bulbes destinés à être (re-)plantés localement.

- La probabilité de propagation dépend du nombre de perturbations exogènes affectant le milieu d'établissement (événements climatiques et naturels, aménagements routiers ou miniers, déforestation...).

Divers modèles ont ainsi été mis en œuvre, notamment dans des pays particulièrement touchés par les espèces envahissantes (voir la contribution de A. Thomas *et al.*).

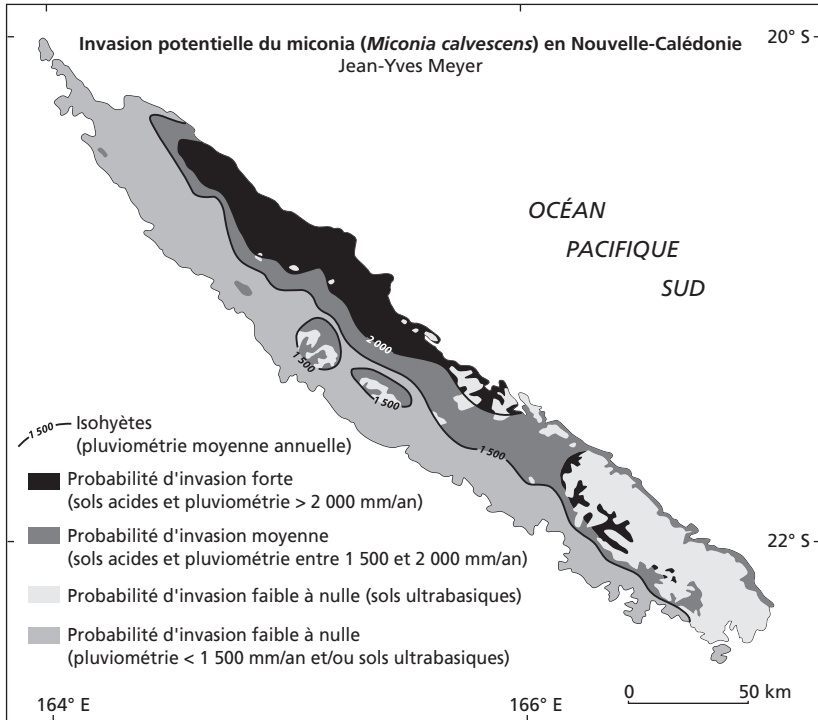
LES DANGERS DU LAISSER-FAIRE

Une mauvaise gestion ou une gestion inefficace des espèces envahissantes peuvent conduire à des situations catastrophiques. L'archipel hawaïen, dont les écosystèmes sont d'une richesse exceptionnelle, et qui bénéficie d'un nombre impressionnant de zones protégées, en fait la douloureuse expérience (voir la contribution de H. Jourdan et L. Loope). L'enjeu pour Hawaii est d'autant plus important que l'industrie touristique (10 milliards de dollars par an) dépend pour l'essentiel de son environnement.

Parmi les espèces végétales les plus redoutables, on reconnaît *Miconia calvescens*. Dès 1971, le botaniste F.R. Fosberg, spécialiste du Pacifique, prévenait les autorités hawaïennes du risque de destruction des forêts indigènes par cet arbre. Pourvu de très grandes feuilles, il couvre de son ombre toutes les espèces se développant sous sa voûte. Dans les années 1980, il colonisait déjà les deux tiers de Tahiti, qui présente des similitudes écologiques avec certaines parties de la Nouvelle-Calédonie. À Hawaii, rien n'a pourtant été fait avant le début des années 1990, en dépit des alertes de botanistes ou d'associations : manque de coordination entre les diverses administrations responsables, manque de finances, manque de communication, etc. Depuis 1992, l'espèce *Miconia calvescens* a toutefois été classée comme végétal nuisible par le ministère hawaïen de l'Agriculture. Aujourd'hui, les efforts de lutte contre l'arbre miconia coûtent 2 à 3 milliards de dollars par an, avec un succès limité.

Si aucune précaution n'était prise en Nouvelle-Calédonie, une dissémination du miconia aurait des conséquences désastreuses. C'est du moins ce que montre une simulation fondée sur les caractéristiques bio-écologiques du miconia et sur les cartes géographiques de l'archipel néo-calédonien (voir la carte 2) : il apparaît qu'en l'absence de dispositif de contrôle adéquat, 25 % de la Grande Terre (surtout la côte est et la province Nord) pourraient être envahis.

Les zones noircies (isohyète > 2 000 mm par an) sont plus favorables à la formation de forêts denses monospécifiques de miconias, les zones grisées (isohyète < 2 000 mm par an) peuvent être envahies par le miconia, notamment dans les zones humides.



Carte 2

Invasion potentielle du miconia
(*Miconia calvenscens*)
en Nouvelle-Calédonie

Voici un autre exemple, toujours à Hawaii, d'espèces nuisibles qui passent au travers des contrôles des pépinières. C'est le cas ces dernières années de la petite fourmi de feu, de la grenouille coqui (*Eleutherodactylus coqui*) et de la chenille urticante (*Darna pallivitta*). Ces espèces ne sont pas faciles à détecter, et de toute manière ne font pas partie du programme d'agrément du ministère hawaïen de l'Agriculture (HDOA). En outre, les inspections ne concernent que les pépinières agréées. Typiquement, alors que l'on comptait 3 populations de fourmis (12 ha) en 1999, celles-ci étaient au nombre de 31 (76 ha) en 2004. Là encore, le verdict est sans appel : manque de volonté, manque de coordination, manque d'effectif, faible prise de

conscience du public... (voir ci-après pour les problèmes posés par la fourmi électrique en Nouvelle-Calédonie).

Ces quelques exemples et d'autres (voir la contribution de Lloyd Loope) illustrent de fait les conséquences dévastatrices de l'invasion d'îles océaniques par certaines espèces. Ils méritent à ce titre d'être intégrés dans la réflexion sur les dispositifs de protection à mettre en place en Nouvelle-Calédonie, compte tenu de la fragilité de ses écosystèmes et de ses similarités avec d'autres îles ou archipels.

UNE INVASION CATASTROPHIQUE EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Le cas de l'invasion du territoire néo-calédonien par la fourmi électrique (*Wasmannia auropunctata*) éclaire sur la multiplicité et l'ampleur des effets néfastes d'une invasion : sur l'environnement, sur la santé animale et sur la santé humaine, mais aussi sur la manière dont ces effets se répercutent sur l'activité économique. Introduite accidentellement dans l'archipel néo-calédonien au cours des années 1960, sa dispersion initiale a accompagné celle du pin des Caraïbes. Ubiquiste et opportuniste, cette fourmi qui est nuisible par sa piqûre colonise tant les milieux agricoles et urbains que les milieux naturels. Elle est aujourd'hui considérée comme l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité néo-calédonienne.

W. auropunctata, de la famille des Myrmicinae, est native dans une zone qui s'étend des Caraïbes à l'Uruguay et au Nord de l'Argentine. Au cours des dernières décennies, cette espèce monomorphe a été dispersée dans la ceinture tropicale du globe. Aujourd'hui, on la rencontre en Afrique de l'Ouest (Cameroun, Gabon), en Amérique du Nord (Floride, Bahamas, Bermudes) et dans la région Pacifique (Galapagos, Nouvelle-Calédonie, Salomon, Vanuatu, Wallis et Futuna, Hawaii, Polynésie française et sans doute à Tuvalu).

Les caractéristiques biologiques de cette fourmi favorisent sa dissémination à la faveur des activités humaines (matériaux contaminés) : polygénie, réduction ou disparition du vol nuptial, opportunisme pour l'alimentation (nectarivore, détritophage, granivore...) et pour ses sites de nidification, capacité à déplacer rapidement les nids (groupe des espèces vagabondes ou *tramp species*). Elle n'hésite pas non plus à utiliser son venin contre d'autres espèces de fourmis. Même une catastrophe naturelle comme une inondation

ne saurait décourager ces fourmis : elles se laissent porter par les flots. Selon les cas, elles bénéficient d'une reproduction par clonage ou d'une reproduction sexuée. Cela dit, compte tenu de la faible espérance de vie d'une reine (11 à 15 mois), leur remplacement, vital pour la communauté, doit être mis à profit dans une perspective de lutte contre l'espèce. Autre caractéristique susceptible d'être mise à profit, leur répulsion pour la trop grande humidité, la forte chaleur ou la sécheresse, qui les rendent fragiles à des variations brusques de conditions micro-climatiques locales.

Les nuisances occasionnées par la *W. auropunctata* sont multiples. Sur l'homme, ce sont des piqûres douloureuses suivies de démangeaisons. L'hypothèse parfois émise selon laquelle elle pourrait être vecteur de germes pathogènes n'a, à ce jour, jamais été vérifiée. En revanche, elle affecte la qualité de vie, notamment dans les habitats traditionnels mélanésiens, où elle peut établir ses nids dans les murs et les toits de paille. Sur les animaux domestiques, elle peut provoquer des cécités à force de piqûres répétées. Au plan des activités économiques, un grand nombre de secteurs sont touchés et désorganisés : le maraîchage, l'arboriculture, la production fruitière (en particulier, *W. auropunctata* entretient des relations mutualistes avec plusieurs homoptères), les élevages..., mais aussi le tourisme et les infrastructures électriques et électroniques (accumulation de fourmis dans les transformateurs, les relais téléphoniques...). Au plan environnemental, ces fourmis représentent l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité et les équilibres écologiques.

Aucune solution de lutte biologique n'existe à ce jour pour combattre la fourmi électrique (voir la contribution de H. Jourdan et L. Loope). Seules des substances chimiques peuvent contribuer à maîtriser le problème, qu'il s'agisse de mesures d'urgence ou de contrôle à long terme (poisons à effet retard, inhibiteurs de croissance...). Dans tous les cas, il faut au préalable inventorier de manière la plus exhaustive possible les sources et voies possibles des invasions. Trois possibilités existent pour les gérer : l'éradication, le contrôle (avec le confinement des zones affectées) ou la palliation de l'invasion quand celle-ci est généralisée. Les coûts des produits et de la mise en œuvre logistique sont considérables. En outre, le succès des stratégies adoptées dépend en partie d'une responsabilisation collective et de l'implication de la population, ce qui impose de mettre en place divers types de campagnes médiatiques (journaux, télévision, brochures distribuées dans les zones sensibles ou d'entrée sur le territoire...) et des actions d'information et d'éducation.

LE RISQUE D'INVASION EN NOUVELLE-CALÉDONIE

La spécificité de l'environnement néo-calédonien crée des conditions relativement favorables aux invasions. Compte tenu du nombre limité de points d'introduction d'espèces sur la Grande Terre (aéroport, ports), il est assez simple d'en décrire les trajectoires éventuelles. Typiquement, en ce qui concerne les invasions volontaires par des plantes ornementales, ces trajectoires suivent vraisemblablement le réseau routier de la Grande Terre desservant Nouméa et les agglomérations de taille moyenne. À noter ici que la faible densité de population apparaît comme un facteur aggravant : la diffusion des espèces à partir des habitations individuelles vers le milieu sauvage rencontre peu de barrières. De même, l'exploitation des dernières zones de forêts humides primaires, qui se concrétise par une augmentation du nombre de routes et chemins, est propice à l'envahissement (par des plantes ou des animaux). Certaines invasions sont directement liées à l'exploitation minière (réhabilitation de zones dénudées par deux espèces envahissantes, le gaïac et le bois de fer).

En ce qui concerne le système de surveillance de l'archipel, Keith Budd en a analysé, en 2004, ses forces et ses faiblesses. Seules ces dernières seront évoquées ici. Il souligne en particulier des lacunes dans les contrôles de plusieurs voies de passage spécifiques, ainsi qu'un manque de coordination entre les différentes instances en charge de ces contrôles. En outre, l'insuffisance des connaissances sur la biodiversité locale rend difficile le repérage des organismes susceptibles d'être envahissants. Selon Budd, qui identifie trois vecteurs d'introduction à surveiller prioritairement (navires, containers maritimes, importation de machines), il faudrait renforcer le dispositif de contrôle de toutes les voies d'accès (voir le tableau 8). D'autant qu'à ce jour, la stratégie néo-calédonienne a largement transféré le risque d'invasion du point d'importation vers le pays exportateur d'origine. Cette stratégie laisse la porte ouverte à diverses invasions si les règles de certification et de déclaration ne sont pas respectées.

Compte tenu de la nature et du volume des activités commerciales et économiques de la Nouvelle-Calédonie (voir p. 33), une identification rigoureuse des points de contrôle est déterminante dans la lutte contre les invasions. À cet égard, le système HACCP (pour *Hazard Analysis Critical Control Point*) fournit un cadre adapté. Reposant sur une évaluation des risques

Tableau 8 – Gestion et contrôle des voies d'entrée en Nouvelle-Calédonie (source : K. Budd, 2000)

Vecteurs et voies d'accès contrôlés				
Voie/vecteur	Contrôle 1	Contrôle 2	Contrôle 3	Déficience
Avion	Spray insecticide	Inspection de l'avion	<i>Galley waste</i> ?	Gestion des déchets, cuisine des avions
Passagers	Déclaration	Chiens renifleurs	Recherche ciblée	Pas de rayons X
Produits animaux	Code produit pour tarif douanier	Certification	–	Pas d'inspection
Navires (accès direct)	Notification	Certification	Inspection	Pas de contrôle des ballasts
Vecteurs et voies d'accès partiellement contrôlés				
Machines et véhicules d'occasion	Inspection	Traitement	–	Pas de référence à un tarif douanier
Courrier et paquets postaux	Déclaration	Recherche ciblée	–	Ni rayons X, ni chiens renifleurs
Acheminement côtier	Notification	Certification	Inspection aléatoire	Absence dans les ports provinciaux
Produits végétaux importés	Tarifs douaniers	Certification	Inspection	Manque d'équipements d'inspection et de pratique
Vecteurs et voies d'accès non contrôlés				
Containers de marchandises	–	–	–	Ni inspection, ni certification. Pas de contrôle des palettes
Biens ménagers ("household effects")	Référence douanière	–	–	Ni recherche ciblée, ni inspection
Plantes vivantes	Code tarif douanier	Certification	Inspection	Pas de quarantaine <i>ex post</i>
Contrebande	Notification	–	–	Pas d'activité de formation en collaboration entre organismes

d'introduction, d'établissement et de propagation, il s'articule autour de sept principes (voir la contribution de A. Thomas *et al.*).

Les deux premiers principes concernent précisément les points de contrôle, que l'on peut regrouper en trois catégories.

- Les contrôles avant la frontière : ils engendrent un surcoût pour le consommateur final (inspection/vérification par le pays exportateur) mais qui compensent le manque d'équipement ou de personnel douanier.

- Les contrôles à la frontière : ce sont les plus utilisés. Certains pays adoptent des mesures encore plus strictes, comme l'Australie ou la Nouvelle-Zélande, qui exigent en outre une étude d'impact environnementale de l'espèce introduite.

- Les contrôles post-introduction : deux types de points de contrôle sont généralement proposés, ceux relatifs à des projets d'infrastructures (routes, exploitations minières...) et ceux associés à des réserves, parcs naturels et autres zones protégées.

Au-delà de ces différents constats, il apparaît que la probabilité d'introductions accidentelles d'espèces par les personnes serait limitée et que ces introductions seraient plutôt liées à des insectes ou à des graines contenus dans les biens personnels ou ménagers en soute, moins bien contrôlés. La probabilité d'introduction (volontaire ou involontaire) d'espèces animales ou de produits animaux semble faible elle aussi, elle n'est toutefois pas négligeable (voir le tableau 4 relatif aux espèces allochtones de vertébrés p. 43). Il en va tout autrement pour les plantes (pas de quarantaine *ex post*, manque de contrôle des effets personnels), notamment à la faveur du fort développement du secteur des plantes ornementales (voir p. 33). La probabilité d'introduction volontaire *via* le courrier postal de graines et semences est également importante. Quant aux probabilités d'établissement et de propagation (donc le taux de réussite d'une introduction), elles sont élevées pour les diverses raisons évoquées précédemment (environnement, infrastructures, activités économiques...). Le problème le plus préoccupant concerne la probabilité d'invasion des îles à partir de la Grande Terre. Il est clair qu'aucune intervention, de quelque nature qu'elle soit, ne peut totalement annuler le risque d'introduction d'espèces.

Comment évaluer les impacts économiques ?

Faut-il « donner une valeur à la nature » ? Sur quelles bases l'évaluer ? Si des divergences subsistent sur la légitimité de telles évaluations, nombre d'économistes s'accordent sur l'intérêt de leur discipline pour appréhender les mécanismes conduisant à la destruction des milieux naturels. Systèmes écologiques et humains sont en effet étroitement imbriqués. L'objectif des évaluations est de disposer d'outils sur lesquels fonder des politiques environnementales. Encore faut-il s'accorder sur les méthodes et les critères à prendre en compte. C'est ainsi que pour les seuls États-Unis, la fourchette des coûts imputables aux espèces allochtones introduites s'étalerait, selon les études, entre des montants annuels de 1,1 milliard de dollars et de 138 milliards de dollars (il est raisonnable de penser que la réalité se situe plutôt dans les valeurs hautes de ces estimations). Il n'en reste pas moins qu'un tel écart montre la nécessité de bien comprendre les principes et les limites de chaque type d'analyse économique en matière d'environnement.

Traditionnellement, une telle analyse distingue deux grandes catégories de valeurs pour les écosystèmes : les valeurs d'usage et les valeurs de non-usage (ou passives). Les premières font référence à des écosystèmes fournissant des biens et des services (soit à usage direct comme la production d'une ressource, soit à usage indirect comme l'aptitude à stocker du carbone). Les secondes reflètent l'importance accordée à des ressources non destinées à l'utilisation : les valeurs d'existence (le tigre du Bengale, par exemple) ou de legs (pour les générations futures). Un troisième type de valeurs intervient, les valeurs dites d'option, qui permettent de traduire la notion de valeur pour des usages ultérieurs. La valeur économique totale (VET) est une combinaison des trois précédentes. Reste que donner une valeur à une espèce ou à un écosystème est une gageure (par exemple, toutes les espèces ne sont pas « égales » : aux derniers représentants d'une espèce peut être attachée une valeur supérieure à celle d'une espèce bien représentée). Il faut, en outre, garder en tête que la valeur économique des écosystèmes se limite à une approche anthropocentrique et utilitariste.

COÛTS ET BÉNÉFICES DES ESPÈCES ENVAHISSANTES

L'une des difficultés rencontrées dans l'évaluation des impacts économiques des espèces envahissantes vient du caractère souvent dual de ces effets : une espèce peut être source de nuisance pour la biodiversité mais aussi source de revenus pour l'économie du pays. C'est le cas d'espèces introduites pour des usages agricoles ou horticoles, entre autres. Par ailleurs, les notions d'introduction volontaire ou d'introduction fortuite ne sauraient permettre d'établir le caractère positif ou négatif de ces introductions. Certaines espèces introduites volontairement ont en effet causé des dommages considérables (la perche du Nil dans le lac Victoria) tandis qu'à l'inverse, des espèces introduites par hasard se sont avérées être d'un intérêt économique supérieur au coût des problèmes engendrés.

Les impacts économiques peuvent en fait être classés en deux catégories : les effets de marché (variations de prix et de surplus associés) et les effets non marchands. Les coûts des effets non marchands atteignent des valeurs considérables, comme le montre le tableau 9.

Tableau 9 – Coûts annuels estimés liés à l'introduction de micro-organismes allochtones aux États-Unis (source : Pimentel *et al.*, 2000)

Micro-organismes (20 000 espèces introduites aux États-Unis)	Pertes et dommages (millions de \$)	Coûts de contrôle (millions de \$)	Total (millions de \$)
Pathogènes des cultures	21 000	500	21 500
Pathogènes des plantes d'ornement, jardins, cours de golf	–	2 000	2 000
Pathogènes des forêts	2 100	–	2 100
Maladies du bétail	9 000	–	9 000
Maladies humaines	–	6 500	6 500

À cette seconde catégorie appartiennent les impacts sur les écosystèmes et ceux sur la santé publique. Il faut y ajouter les impacts sur les activités exploitant les ressources naturelles (pertes de cultures, déclin de la valeur de la terre, nuisances sur les ressources en eau, maladies du bétail, contaminations génétiques, coûts de gestion et d'éradication). Les dégâts sur les infrastructures sont également de cette deuxième catégorie : par exemple, l'envahissement des canalisations et des centrales hydrauliques de la région des Grands Lacs d'Amérique du Nord par la moule zébrée.

MÉTHODE D'ANALYSE COÛTS/BÉNÉFICES

L'analyse coûts/bénéfices (ACB) vise à étudier la pertinence d'une réglementation : elle met en balance les conséquences économiques de cette réglementation (au regard du fonctionnement des marchés) et les gains liés à la réduction des risques. En complétant le travail d'évaluation des risques par les scientifiques (probabilité d'invasion, conséquences environnementales attendues), elle offre aux décideurs publics un moyen d'arbitrer entre plusieurs formes d'intervention. Son objectif est de quantifier en termes monétaires l'ensemble des pertes et gains liés aux risques d'invasions et aux politiques de contrôle de ces risques, et de renseigner sur l'efficacité relative des instruments de gestion du risque. Cet outil a bien entendu ses limites, ce qui impose de rester circonspect lors du passage des résultats économiques à la prescription des politiques environnementales envisagées (voir plus loin le paragraphe « Forces et faiblesses de l'ACB »). Bien que l'utilisation de l'ACB soit recommandée par de nombreuses organisations internationales et agences gouvernementales, cette analyse reste en effet critiquée, en particulier sur sa pertinence à l'égard des invasions biologiques.

Dans le domaine environnemental, l'analyse coûts/bénéfices consiste à évaluer les impacts environnementaux attendus de tel ou tel scénario réglementaire (laisser-faire, campagne d'information, réglementation...). Le but est de mettre en perspective les bénéfices attendus de la réduction des risques avec les coûts de mise en place d'une politique publique. Cela suppose d'être capable d'estimer, pour chaque scénario, la probabilité d'invasion (en fonction des paramètres naturels, économiques, réglementaires, voir p. 59), la nature et l'étendue des dommages environnementaux possibles (en fonction des mêmes paramètres) et la valeur que représentent ces dommages

pour la société (ou les bénéfices d'un dommage évité/réduit). Si l'espèce introduite a des effets bénéfiques, ceux-ci peuvent soit être inclus dans la valorisation des impacts environnementaux (stabilisation des sols, valeur récréative des forêts...), soit être comptabilisés séparément s'il s'agit de bénéfices marchands.

Le travail de quantification nécessite d'exprimer dans une même unité tous les effets des espèces envahissantes (effets de marché et effets non marchands). Par souci de simplicité, on choisit le plus souvent une valeur monétaire dite actualisée, de telle sorte que les coûts engendrés par un projet à des temps différents puissent être comparés : l'idée est de ramener toutes les valeurs à une mesure commune, en général la valeur actuelle. À noter cependant que cette pratique fait l'objet de controverses dans les projets environnementaux, car elle tend à écraser les effets bénéfiques futurs d'un programme de conservation (voir la contribution de A. Thomas *et al.*) : ces derniers sont souvent attendus à moyen, voire à long terme, alors que les dépenses sont immédiates.

L'analyse coûts/bénéfices se déroule alors selon un certain nombre d'étapes. Il faut bien sûr déterminer les agents à intégrer dans l'analyse (coûts et bénéfices pour qui ?). Il faut également identifier les actions réglementaires envisagées. Un inventaire de tous les impacts potentiels de ces mesures doit alors être réalisé (effets environnementaux et effets de marché), en s'appuyant sur des indicateurs appropriés pour les mesurer. Les étapes suivantes consistent à donner une valeur économique à tous ces impacts, à actualiser les coûts et les bénéfices futurs, et à additionner ces valeurs actualisées. Vient ensuite l'étude de « sensibilité » (robustesse de l'analyse). Il est alors possible de recommander l'alternative réglementaire engendrant les plus grands bénéfices sociaux nets.

La réalisation de l'inventaire est une étape délicate, et en particulier la mesure des effets du marché. Ces derniers rendent compte du fait que l'intervention publique visant à contrôler un risque environnemental n'est pas neutre : elle a des répercussions sur les fonctions d'offre et de demande et induit donc des variations dans les surplus des agents qu'il faut inclure dans l'analyse coûts/bénéfices (voir la contribution de A. Thomas *et al.*). Certaines situations de risques peuvent de fait être analysées comme des dysfonctionnements (défaillances) de marché, que des instruments de politique publique viennent corriger (normes obligatoires pour les producteurs, politiques

d'information pour améliorer la perception des risques, écotaxes, politique de responsabilité civile/environnementale). Ces instruments influencent la structure de coût des producteurs et la demande des consommateurs.

La plupart des études relativement complètes, mentionnant des valeurs pour les rapports entre bénéfices et coûts des politiques de lutte contre des espèces envahissantes, proviennent d'Afrique du Sud et des États-Unis. C'est notamment le cas pour la lutte biologique en Afrique du Sud, où les coûts de recherche ont atteint près de 3 millions de dollars entre 1997 et 2000. Mais les rapports entre les bénéfices du programme et son coût, pour une région ou une espèce envahissante particulière, sont très élevés : il est par exemple proche de 1 130/1 pour le contrôle de l'*Azolla filiculoides*. On peut également citer les cas du cactus *Opuntia aurantiaca* et des mesures de contrôle contre *Acacia saligna*. Les rapports bénéfice/coût des programmes d'éradication dans les bassins versants sont compris entre 6/1 et 12/1, ceux associés aux plantations non valorisables économiquement entre 360/1 et 382/1 (voir la description de tous les exemples dans la contribution de A. Thomas *et al.*). Il convient de prendre de telles valeurs avec précaution, dans la mesure où la probabilité de succès d'une politique d'éradication a tendance à être surestimée dans l'analyse.

Il est toutefois important de souligner ici le rôle crucial des mesures incitatives. L'échec de la campagne d'éradication du *bunchy top* en Nouvelle-Calédonie (1999-2001) tient sans doute pour une grande part à l'insuffisance de telles mesures. Quels que soient les bénéfices attendus en théorie d'une politique de contrôle des risques, son efficacité dépend de son implémentation effective. Dans le cas du *bunchy top*, il est clair que la population n'a pas joué le jeu. Or, il semble que les incitations individuelles n'aient pas convaincu la population de l'intérêt de participer : indemnisation par souche perçue comme faible, période de « vide sanitaire » imposée avant de pouvoir replanter, incertitude des familles victimes de destruction sur les conditions d'acquisition de nouveaux plants sains, etc. En outre, les destructions privaient durablement ces familles d'un aliment vital pour elles. Cet exemple illustre l'importance d'une réflexion plus approfondie sur les effets socio-économiques des politiques d'éradication et de lutte contre les espèces envahissantes en général.

Se pose aussi la question du partage des coûts. Une intervention publique ne sera couronnée de succès que si les pollueurs sont véritablement

incités à tenir compte des coûts sociaux (internalisation de ces coûts). C'est le but des instruments économiques de type écotaxes ou responsabilité civile/environnementale. Différentes variantes du principe pollueur/payeur sont notamment envisageables (en prenant toutefois garde aux effets de marché). L'un des objectifs doit être de mettre en place des instruments qui ne découragent ni le commerce, ni le tourisme tout en étant sources de revenus destinés au financement des mesures d'inspection, de prévention et de contrôle. En fait, les invasions biologiques constituent peut-être la seule externalité des échanges internationaux qui, pour être réellement contrôlée, demanderait de réduire ces échanges, ce qui plaide en faveur d'une taxe. Certains auteurs avancent qu'une politique optimale consisterait à calculer une écotaxe (une telle taxe s'apparente à ce que les économistes dénomment une taxe pigouvienne) dont une partie serait une contribution correspondant au dommage marginal d'une introduction, et l'autre une contribution aux coûts d'inspection.

ANALYSE COÛTS/BÉNÉFICES EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Avant toute analyse coûts/bénéfices, il faut s'accorder sur la définition des politiques à envisager, lesquelles sont mises en regard de scénarios d'événements probables. Ces scénarios se traduisent par des probabilités plus ou moins fortes d'établissement ou de propagation (dans le cas d'espèces déjà introduites), et par des probabilités plus ou moins importantes d'introduction (dans le cas d'espèces envahissantes nouvelles). Compte tenu du caractère multiforme des invasions (espèces diverses, stades d'établissement différents avec des probabilités variées...), il est généralement plus judicieux de prévoir une combinaison d'instruments de politique environnementale (voir le tableau 10). Certains d'entre eux peuvent d'ailleurs servir de support au financement d'instruments parallèles : par exemple, les revenus d'une taxe sur les importations (ou les passagers) peuvent alimenter le budget des services d'inspection et de quarantaine.

Le fonds de responsabilité concerne les exportateurs de marchandises ayant fourni un certificat phytosanitaire préalable. Il est alimenté par des versements préalables à l'importation, en proportion de la valeur des produits. En cas d'introduction avérée, la cotisation n'est pas remboursée si la preuve est apportée que les espèces proviennent d'un exportateur particulier. Ce

Tableau 10 – Politiques de lutte contre les espèces envahissantes et scénarios

	Mesure	
	Domage espéré faible	Domage espéré élevé
Espèce non encore introduite	<ul style="list-style-type: none"> – Certification – Inspections douanières 	<ul style="list-style-type: none"> – Fonds de responsabilité – Taxe sur les importations – Quarantaine
Espèce introduite et établie	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptation – Surveillance – Campagnes de sensibilisation 	<ul style="list-style-type: none"> – Fonds de solidarité – Taxe sur les plantes ornementales
Espèce établie et envahissante	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> – Éradication (lutte biologique, mécanique, chimique)

fonds fonctionne donc comme une garantie fortement incitative pour l'exportateur. Reste le problème de la preuve, qui a conduit à des schémas un peu plus sophistiqués (voir la contribution de A. Thomas *et al.*). L'avantage d'un tel système réside dans le fait que des fonds importants sont immédiatement disponibles pour appuyer une politique de quarantaine ou d'inspection plus poussée, ou encore pour financer des mesures d'éradication.

Le fonds de solidarité est un instrument associé à une responsabilité partagée : il est alimenté par les pouvoirs publics et par les autres parties prenantes (importateurs, certaines catégories de producteurs locaux...). Il sert à lutter contre les espèces déjà introduites et permet de couvrir partiellement les coûts de campagnes d'éradication et de sensibilisation/communication. Il ne présente en revanche aucun caractère incitatif.

Quant à la taxe sur les plantes ornementales, elle constitue un exemple d'écotaxe ou taxe pigouvienne particulière : son assiette repose sur le secteur du commerce local. Elle intègre le fait que les dommages liés à la naturalisation ou à la propagation de ces espèces proviennent des bénéficiaires engendrés par le commerce dans ce secteur. Un problème spécifique est posé par la fourniture, de plus en plus fréquente avec le développement de l'internet, de graines et de semences *via* le courrier postal. L'efficacité des mesures de lutte repose donc aussi sur la capacité des autorités à superviser le courrier.

À défaut de moyens techniques et humains adéquats, il convient d'appliquer une taxation « indirecte », par exemple fondée sur le chiffre d'affaires, mais cette méthode risque de créer des distorsions assez pénalisantes.

En ce qui concerne les introductions, chaque politique est déclinée en fonction des vecteurs et voies d'accès associées (taxes sur les importations et quarantaine) et des espèces recherchées (certifications, inspections). À l'inverse, l'instauration d'un fonds de solidarité/responsabilité ou d'une taxe sur les importations ne dépend pas *a priori* de l'espèce. Pour les espèces déjà introduites, les mesures doivent être conduites en fonction des espèces repérées (surveillance, campagnes de sensibilisation). Si l'objectif global de la politique publique consiste à lutter contre de nouvelles invasions, tout en éradiquant ou en s'adaptant aux espèces introduites et établies, la question est alors de réaliser un arbitrage entre politiques « traditionnelles » de prévention (mesures aux frontières, quarantaine...) et nouvelles mesures. En particulier, la probabilité d'invasion peut être significative pour certaines voies d'accès (voir le tableau 8).

Une fois la panoplie de politiques retenues, sur une base de faisabilité technique et juridico-administrative, il faut en évaluer le coût, en moyenne annuelle pour les premières années et selon la formule de la valeur nette actualisée. Ces sommes sont alors comparées aux bénéfices attendus, notamment en termes de préservation de l'écosystème local et des différentes valeurs d'usage. Un paramètre important à considérer est la probabilité de succès : c'est elle qui déterminera au final le dommage évité, au regard du coût des mesures.

Le recueil des données constitue l'un des points clés. Il s'agit de trouver toutes les données nécessaires à la construction de l'indicateur, constitué par le rapport bénéfices sur coûts des politiques envisagées. Elles comprennent les données relatives aux dommages engendrés par les espèces envahissantes (directement évalués ou à défaut à partir de la valeur des ressources naturelles utilisées). La valeur de la biodiversité est sans doute la plus difficile et la plus coûteuse à obtenir, ce qui peut conduire à retenir plusieurs niveaux dans le calcul des dommages (avec ou sans valeur de la biodiversité). Une seconde série de données concerne le coût des politiques. Ce coût doit, entre autres, intégrer l'impact sur le consommateur final, dans le cas où de nouveaux instruments sont mis en place (écotaxes, fonds de solidarité...).

La répercussion des coûts est variable selon les instruments utilisés. Concernant les écotaxes, ceux-ci sont principalement supportés par le consommateur final, le coût direct pour les pouvoirs publics étant très limité. En ce qui concerne les politiques d'inspection et de quarantaine, des investissements importants seraient à attendre en Nouvelle-Calédonie, en termes d'équipements mais aussi, et surtout, de formation des personnels. Il est plus aisé de chiffrer les variations de coût attendues de l'instauration d'une politique étendue (cas des mesures avant ou à la frontière). Par ailleurs, étant donné l'importance prise par la voie d'accès postale, il faudrait consentir un investissement important dans la détection (rayons X, formation de personnel). Quant aux particuliers, plus difficilement contrôlables, leur contribution doit s'appuyer sur une détection à l'arrivée des courriers, suivie d'une vérification des déclarations d'importation dans le pays.

FORCES ET FAIBLESSES DE L'ANALYSE COÛTS/BÉNÉFICES

L'analyse coûts/bénéfices est la seule approche théoriquement fondée (eu égard à la théorie de la décision en information limitée ou imparfaite) car elle incite à rechercher toutes les informations scientifiques disponibles afin d'améliorer les outils d'aide à la décision. Reste que cette méthode a les défauts de ses qualités. L'un des problèmes tient à la nécessité de fournir une distribution réaliste des événements que les politiques publiques cherchent à contrôler. En particulier, la probabilité de réussite d'une politique de contrôle peut être surestimée dans l'analyse, ce qui conduirait alors à des ratios bénéfices/coûts exagérément élevés. Certes, l'ACB est intéressante par son caractère *a priori* exhaustif, mais elle conduit rarement, en pratique, à des prédictions fiables et robustes en terme de choix public. Elle est notamment très exigeante en termes de données (voir l'encadré).

Mais la difficulté la plus sérieuse concerne la fiabilité de cette analyse dans l'évaluation des bénéfices environnementaux, qui porte sur des biens non marchands et ne font généralement l'objet d'aucune transaction monétaire (voir en détail dans la contribution de E. Gozlan *et al.*). Une solution consiste à se fonder, si c'est possible, sur la valeur de biens associés, et qui eux ont une valeur marchande : identification des préférences par révélation, ou approche dite des préférences révélées. En l'absence de tels repères, on peut utiliser des techniques d'enquête auprès d'une population de

Liste non exhaustive des données nécessaires pour l'analyse d'une seule espèce envahissante et d'une seule politique de lutte

- Valeur actuelle moyenne de la biodiversité sur le territoire.
- Valorisation économique des ressources naturelles par l'agriculture, le commerce et l'industrie.
- Valorisation des ressources existantes par le tourisme.
- Proportions géographiques des zones et territoires potentiellement touchés par l'invasion biologique.
- Proportion des valorisations ci-dessus subissant une perte liée à l'invasion (ou probabilité d'invasion).
- Coûts fixes associés à la politique (investissement en bâtiments et autres facteurs fixes, formation et éducation).
- Coûts variables (personnel, consommations intermédiaires) liés à la politique.
- Données nécessaires pour évaluer les effets marchands (demande des ménages et des industriels, flux de commerce international, autres produits substitués...).
- Probabilité de succès de la politique.
- Taux d'actualisation à utiliser pour calculer la valeur nette actualisée des bénéfices et des coûts.
- Coefficients de pondération à utiliser dans le calcul de la somme des bénéfices sur différentes catégories d'acteurs (populations rurales ou urbaines, industriels, importateurs...).

consommateurs. On leur demande de se placer dans une situation fictive d'usage (avec prix et coûts d'usage). La réalisation de ce type d'« étude de marché » fictive donne lieu à la méthode d'identification dite des préférences déclarées. Un protocole relativement consensuel a été adopté au plan international pour ces enquêtes (*Panel NOAA Guidelines*, 1993).

Troisième difficulté : le concept même de bénéfices environnementaux. La critique porte sur le fait que l'analyse coûts/bénéfices porte sur des biens non marchands. D'autres critiques reprochent à l'ACB de ne pas prendre en compte l'intérêt des générations futures. Mais il est surtout avancé que les raisons propres à motiver les politiques environnementales sont difficilement

quantifiables : les considérations éthiques, psychologiques, voire religieuses, n'ont guère d'équivalent monétaire. En outre, se reposer sur une évaluation des préférences de la société ne serait pas toujours le meilleur moyen de garantir le respect de ces considérations. Enfin, certains auteurs reprochent à l'ACB son incapacité à intégrer les aspects de redistribution associés aux politiques publiques, une critique toutefois relativement peu fondée.

Un dernier point donne lieu à débat, loin d'être clos, entre économistes : la conceptualisation et l'évaluation des valeurs de non-usage. De nombreux auteurs mettent en doute l'existence même de telles valeurs, ou du moins le caractère significatif des valeurs attribuées. Leur valeur d'existence ne devrait donc se concevoir qu'au travers de leur usage par les générations futures : c'est parce que les ressources pourraient être valorisées dans le futur qu'elles ont une valeur d'existence aujourd'hui. Dans la littérature économique appliquée, les valeurs de non-usage ou d'existence sont en général traitées sous la forme d'une utilisation de ressources naturelles non encore profitables, mais qui pourraient le devenir si les conditions de marché se montraient favorables.

QUELLES MÉTHODES ALTERNATIVES ?

Dans la pratique, la question est le plus souvent d'effectuer un arbitrage entre une méthode satisfaisante, mais très exigeante en termes de données (ACB), et une méthode plus robuste. L'objectif est en effet de fournir un critère de décision le moins tributaire possible du degré d'imprécision des méthodes. Autrement dit, si les estimations utilisées dans l'ACB sont trop peu précises, on peut être amené à considérer des critères plus restrictifs mais sollicitant moins de données.

L'une des méthodes alternatives s'appuie sur le principe de précaution (Déclaration de Rio de 1992), qui définit un cadre de conduite à tenir en cas d'activité menaçante pour l'environnement. Au terme de ce principe, il est recommandé de ne pas attendre la preuve scientifiquement établie des liens de cause à effet ou de l'étendue des dommages pour prendre des mesures de prévention. Ce principe est donc parfois assimilé à la recherche du risque zéro, ce qui le rendrait alors incompatible avec la croissance économique et celle du bien-être des sociétés, tributaires en partie des

innovations et de leur diffusion. Une vision moins restrictive consiste à sélectionner les décisions réversibles ou susceptibles d'être corrigées dans le futur. Il convient alors d'introduire une notion importante dans les modèles dynamiques avec incertitude, celle de valeur dite d'option (voir la contribution d'E. Gozlan *et al.*). Cette dernière est interprétée comme la différence entre valeur actualisée espérée, suite à une prise de décision après résolution d'une incertitude, et valeur actualisée *ex ante*, en situation d'incertitude.

En pratique, le principe de précaution devrait donc conduire à arbitrer entre deux risques : celui de prendre des décisions trop tardives (conduisant alors à des dommages éventuels très importants), et celui de prendre des décisions trop hâtives (d'où un frein important à la croissance économique). Le débat entre partisans et adversaires des approches ACB vs principe de précaution n'est pas clos. Les partisans de la première semblent privilégier l'hypothèse selon laquelle les risques catastrophiques (changement climatique...) restent très improbables, et que les sociétés ont le temps de s'y préparer. Ses détracteurs estiment qu'en l'absence de probabilités fiables à associer aux différents scénarios, il est impossible de calculer des dommages espérés. Un compromis relatif se dégage selon lequel le principe de précaution peut être suffisamment tempéré pour correspondre à une extension de l'ACB, dans laquelle l'aversion au risque serait prise en compte.

Une autre méthode, l'analyse coût-efficacité (*Cost-Efficiency*), conduit à considérer l'objectif environnemental à atteindre comme donnée exogène, contrairement à l'analyse ACB. À l'inverse de cette dernière, qui suppose connus les coûts des politiques pour des bénéfices incertains, l'approche coût-efficacité suppose que la flexibilité provient des coûts, pour un bénéfice futur prédéterminé. Un exemple de cette approche concerne l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre (Protocole de Kyoto). Selon les cas, cette approche peut s'avérer être plus robuste que l'ACB, notamment lorsque les bénéfices espérés d'un ensemble de mesures sont mal connus. Une dernière catégorie d'approches, fondée sur la recherche d'un risque minimum, s'intéresse aux événements extrêmes dans la distribution de probabilité liée aux risques étudiés (voir la contribution d'E. Gozlan *et al.*). Typiquement, la stratégie « sécurité d'abord » (*Safety First*) consiste à déterminer la politique minimisant la probabilité d'un événement défavorable.

QUELLE(S) MÉTHODE(S) POUR LES ESPÈCES ENVAHISSANTES ?

L'incertitude, dans le cas des espèces envahissantes, porte moins sur la possibilité d'occurrence d'un dommage que sur son étendue et sur l'efficacité des mesures préventives envisagées. L'ACB peut fournir un cadre transparent et objectif. En tant que principe, cette méthode a été largement adoptée comme guide pour la prise de décisions d'ordre phytosanitaires. Elle constitue un élément de gestion des risques à part entière dans les recommandations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), aux États-Unis et en Australie. De son côté, le *New Zealand Biosecurity Act* de 1993 décrit le déroulement d'une ACB appliquée aux décisions de quarantaine. Enfin, les réglementations européennes la recommandent comme approche pour les décisions concernant les dommages sur la biodiversité (*European Commission*, 2000). Le principe de l'ACB est tout à fait compatible avec l'utilisation de listes blanches (ou noires).

En cas de données insuffisantes, plusieurs alternatives pratiques, mais respectueuses de la philosophie de l'ACB, sont envisageables. Le livre blanc sur la responsabilité environnementale propose en particulier d'utiliser un critère de « raisonnable ». Celui-ci a pour fonction de rendre compte d'un consensus subjectif sur le caractère raisonnable de gérer un risque, au regard de ce que l'on connaît du problème. Un tel critère est bien adapté lorsqu'une décision rapide s'impose pour éviter un envahissement au-delà du contrôlable. Cette démarche s'apparente à une approche de précaution, la prévention étant généralement moins coûteuse que la réparation. La question de l'allocation optimale d'un budget limité entre mesures de prévention et mesures de contrôle post-introduction n'est cependant pas triviale et constitue en elle-même un autre dilemme pour le régulateur public (voir la contribution d'E. Gozlan *et al.*).

Quoi qu'il en soit, la recherche d'une stratégie optimale de prévention et de lutte contre les espèces envahissantes ne saurait se résumer à un problème de disponibilité des données. Par exemple, la simplicité de la formulation du principe de l'ACB (du moins dans sa version la plus élémentaire) masque une hypothèse de pondération uniforme des différents groupes d'intérêt, ce qui sous-entend que le décideur public est indifférent à leur position relative. Il s'agit déjà d'une hypothèse sur ses préférences. L'ACB vise en effet à classer les différentes politiques de lutte envisageables, qu'elles soient privilégiées ou

non par les décideurs (il s'agit d'un critère positif et non normatif). Quant aux stratégies alternatives évoquées précédemment, elles intègrent des préférences plus sophistiquées des décideurs publics. En fait, chaque stratégie reflète les préférences implicites (ou explicites) des pouvoirs publics.

En Nouvelle-Calédonie, l'éventail des politiques ou mesures envisagées reste limité : une politique de quarantaine à redéfinir avec l'établissement de listes blanches ou noires, des voies d'inspection (containers, poste), des écotaxes. Si l'objectif est de limiter les risques liés à une application ou à un contrôle insuffisant, une approche *Safety First* devrait être utilisée. Dans ce cas, les jardineries et pépiniéristes seront sans doute les plus affectés. Par exemple, une liste blanche d'espèces dont l'importation est autorisée revient à interdire de fait toutes celles dont l'innocuité n'est pas avérée. Les coûts de la précaution sont alors supportés par les secteurs susceptibles de tirer profit de leur introduction, sans qu'une analyse ACB ait légitimé les pertes économiques induites. Un argument en faveur de cette approche serait d'amener les parties prenantes à s'impliquer dans la production des données manquantes. Si, à l'inverse, les préférences des Pouvoirs publics sont en faveur d'un bénéfice total non-pondéré le plus élevé possible, une politique de répartition des coûts plus diffuse sera éventuellement préférée (tourisme, importations générales), au prix d'une incertitude plus forte sur les bénéfices réels de la politique.

Enfin, il est clair que le caractère d'urgence doit être le facteur décisif. Si les pouvoirs publics néo-calédoniens veulent lutter efficacement, au regard de l'utilisation des fonds publics, contre les espèces envahissantes d'ores et déjà répertoriées selon leur degré de dangerosité, alors il leur faut attendre plus d'informations scientifiques. En d'autres termes, une analyse coûts/bénéfices digne de ce nom exige un temps qui peut ou non être qualifié de précieux. De plus, le phénomène de « latence » dans la propagation de l'espèce, mentionné plus haut, rend parfois plus difficile l'identification de l'introduction à combattre. Si, à l'inverse, la situation est jugée suffisamment urgente pour que le principe de précaution s'applique, des critères comme ceux présentés plus haut permettront d'évaluer la pertinence de politiques entreprises à court terme, sur la base d'une information scientifique limitée. Certes moins efficaces à terme, ces dernières mesures permettront de ne pas voir s'accroître la probabilité d'une catastrophe écologique liée à l'irréversibilité des conséquences d'invasions.

Quelles stratégies de lutte ?

En dépit des moyens souvent considérables engagés pour lutter contre une espèce envahissante, le succès est loin d'être assuré, qu'il s'agisse de lutte mécanique, chimique, biologique ou écologique (c'est-à-dire une gestion globale des écosystèmes favorisant les espèces endémiques et défavorisant les espèces envahissantes comme la lutte contre le feu). Autant dire que la meilleure des protections contre de tels organismes reste sans conteste la prévention. Celle-ci peut se faire de diverses manières. La prévention la plus radicale consiste, au minimum, à exercer un contrôle rigoureux aux points d'accès sur le territoire, afin d'éviter toute introduction d'espèces déjà connues ailleurs pour leur pouvoir envahissant. Au cas où l'une d'entre elles serait déjà introduite, sans que l'on connaisse toutefois ses possibilités de nuisance, il faut en surveiller de près l'évolution et la dissémination éventuelle.

L'une des difficultés rencontrées réside dans le fait que l'on ne dispose d'aucune description générique qui permettrait de caractériser biologiquement, à coup sûr, les espèces envahissantes, et donc de véritablement anticiper. Cependant, des corrélations plausibles établies entre le potentiel invasif et tel ou tel caractère légitiment la prudence. Au-delà de leur capacité à s'adapter aux perturbations du milieu où elles s'installent, les espèces envahissantes ne manifestent leur pouvoir d'invasion que sur le terrain. La prise en compte du problème, une fois l'invasion avérée, conduit à des situations dramatiques au plan de la biodiversité mais aussi au plan économique. Les coûts d'éradication sont alors énormes, et parfois sans commune mesure avec la taille de la surface affectée.

DE LA DÉTECTION À LA SURVEILLANCE

Plus la détection est précoce, moins le contrôle ou l'éradication seront coûteux. Une fois une espèce introduite, on est souvent réduit à adopter une stratégie défensive (contrôle), souvent très onéreuse. Notons que la présence

d'une espèce nuisible déjà détectée ne doit pas modifier les règles de quarantaine. En effet, la variabilité générale au sein d'une même espèce pourrait faire apparaître des variétés nouvelles encore plus nuisibles. Il est cependant illusoire d'espérer détecter tous les organismes nuisibles sur l'intégralité du territoire. La détection doit être ciblée, en se fondant notamment sur des listes de référence (comme celle de l'UICN, ou d'autres). Elle doit aussi s'appuyer sur une meilleure coopération entre les secteurs public et privé. Par exemple, en Australie, des « plans de biosécurité industrielle » ont été mis en place. Pour chaque espèce nuisible et menaçante identifiée, ces plans détaillent les différentes étapes de la conduite à tenir, jusqu'aux protocoles de quarantaine, de contrôle des mouvements et d'éradication.

La détection aux points d'entrée et sur les voies et sites d'acheminement à l'intérieur des frontières est déterminante. Cela suppose un personnel qualifié, et là encore, une coopération entre le public et le privé. En Australie toujours, les coûts sont partagés, ce qui incite les exploitants à réagir rapidement. La vigilance doit être particulièrement soutenue dans les zones de forte densité de population, de même qu'il est utile de mutualiser les efforts au plan régional. Il faut, en outre, sensibiliser les acteurs concernés. C'est ainsi que près de 75 % des nouveaux taxons naturalisés sur le sol australien sont le fait d'introductions volontaires (dans un but ornemental généralement), ce qui impose d'informer les associations horticoles et botaniques. La détection des invertébrés, le plus souvent introduits de manière accidentelle, peut se faire sur la base des listes d'espèces nuisibles existantes. Pour les arthropodes, diverses techniques de piégeage semblent efficaces. Quant à la détection des nouvelles maladies, elle suppose l'existence de réseaux régionaux capables de promouvoir une prise de conscience des populations et des acteurs économiques concernés.

Plus généralement, la sensibilisation par la diffusion d'images des espèces suspectées, par exemple sous forme de posters, est relativement efficace. De telles images et diverses informations sur ces organismes nuisibles sont disponibles en ligne *via* l'internet dans diverses bases de données (voir la contribution de A. Sheppard *et al.*). L'Australie, la Nouvelle-Zélande et l'Afrique du Sud ont été des pionniers en matière de programmes d'éducation du public destinés à favoriser l'alerte précoce de la présence d'espèces à haut risque. Les Français ont, pour leur part, mis au point un système simple d'identification des végétaux en ligne.

En ce qui concerne la surveillance active, il est utile de faire le point sur l'état des connaissances relatives aux organismes potentiellement nuisibles concernés (biologie, épidémiologie...). Étant donné qu'une faible proportion des espèces allochtones introduites se traduit à terme par un envahissement (voir la règle dite des 3×10 dans l'introduction), il faut hiérarchiser les priorités. C'est l'objectif d'un système de surveillance. Pour la plupart des introductions d'invertébrés et de maladies, les stratégies d'éradication, ou du moins de confinement, devraient être quasi immédiates. Pour les végétaux, les réactions sont généralement moins rapides, leur phase d'établissement et de naturalisation étant souvent beaucoup plus lente. Mais, ce type de gestion est préjudiciable car, à terme, les pertes économiques liées aux végétaux sont nettement plus élevées.

L'exemple des végétaux éclaire sur certaines des règles que doivent respecter les systèmes d'évaluation interne, les décisions ayant tendance à être prises à un niveau de plus en plus local. Ces systèmes sont calqués sur les systèmes d'évaluation aux frontières. Le choix de l'un d'entre eux doit prendre en compte le stade d'extension de tous les nuisibles comparés, leurs impacts sur les systèmes affectés, les avantages (et les bénéficiaires) potentiels des efforts de contrôle, et la qualité des informations disponibles (voir le tableau 11). Ces facteurs varient d'un pays à l'autre. En outre, plusieurs systèmes sont parfois utilisés simultanément dans un même pays. Un système unique, applicable à grande échelle, ne peut être recommandé avant que les objectifs ne soient clairement déterminés (voir la contribution de A. Sheppard *et al.*).

Les facteurs à prendre en compte pour surveiller une espèce sont de diverses natures. Il est intéressant de se référer au comportement d'espèces du même groupe que celle détectée quand ces informations existent. Il est par ailleurs souhaitable de disposer d'une estimation approximative du taux d'extension de l'espèce (facteur déterminant pour la décision éventuelle d'une stratégie d'éradication). Un autre facteur concerne ses caractéristiques biologiques, lorsque certaines se sont révélées ailleurs propices à l'envahissement. Le moment de la détection, le mode et la vitesse de reproduction et le potentiel de dispersion sont également autant de facteurs à considérer. Un autre paramètre important concerne le climat qui peut éventuellement constituer une barrière pour des espèces végétales importées de latitudes différentes. Le comportement de la population joue aussi un rôle

Tableau 11 – Les principaux systèmes utilisés pour l'évaluation interne des risques liés aux végétaux et pour l'établissement de priorités

Auteur(s)	Approche
Champion et Clayton (2001)	<i>Scores for plants ecology, biology, and weediness of aquatic weeds</i>
Esler et al. (1993)	<i>Sums scores for ability to succeed with a score for weediness</i>
Hiebert (1997)	<i>Weighs relative impact against ease of control and cost of delay</i>
Randall (2000)	<i>Scores for invasiveness/ impacts/ potential distribution/invasion stage</i>
Tucker et Richardson (1995)	<i>Models attributes of species and matches them with environment</i>
Timmins et Owen (2001)	<i>Explicit weed-led approach cf. site-led. Considers value of area potentially impacted</i>
Virtue et al. (2000)	<i>Multiplies scores for invasiveness, impacts, and distribution (current and potential)</i>
Wainger et King (2001)	<i>Relates likelihood of damage/defined functions of landscape and the scale of threat to appropriate response</i>

important, spécialement lorsque l'espèce, bien que nuisible, semble utile pour divers secteurs d'activités. Enfin, le choix des priorités doit s'appuyer sur une évaluation des impacts potentiels, qui peut se faire à partir de données historiques dans d'autres régions.

Pour établir les priorités, c'est-à-dire identifier les premières espèces devant faire l'objet d'une surveillance, on utilise un système de notation, lui aussi analogue à ce qui se pratique pour la surveillance aux frontières. Les systèmes de classement diffèrent au regard des informations nécessaires et de la structure de leurs règles internes, les plus simples consistant à affecter des valeurs numériques à un certain nombre de critères².

² voir par exemple : http://www.affa.gov.au/image3/market_access/biosecurity/animal/wraman1.gif

De l'intérêt d'une détection précoce : la fourmi de feu en Australie

C'est en février 2001 que la fourmi de feu (ou Rifa, pour *Red Imported Fire Ant*) est découverte en Australie, à Fishermans Island, près de Brisbane (40 000 ha sont alors infestés). Dès 1989, elle avait été déclarée « espèce nuisible » au terme du *Plant Protection Act*. Aujourd'hui, elle fait l'objet d'une déclaration obligatoire. En septembre 2001, un centre de contrôle de la fourmi de feu se met en place tandis qu'est lancé un grand programme d'éradication financé à l'échelon national. Ce dernier est mis en place par le *Queensland Department of Primary Industries and Fisheries*, avec le soutien du *Agricultural Resource Management Council of Australia and New Zealand*. La première campagne d'éradication au sol se déroule en octobre 2001. Six mois plus tard, une réglementation est instaurée pour restreindre les mouvements de matériaux susceptibles de favoriser la propagation de la Rifa. Ces initiatives sont accompagnées par des campagnes massives de prise de conscience et de formation du public. En avril 2004, le programme est doté d'un complément de 37,5 millions de \$ australiens afin de prolonger d'un an la campagne d'éradication et de traiter une nouvelle zone. Le budget total pour une période de six ans atteint donc 175,4 millions de \$ australiens.

Les nuisances imputables à la fourmi de feu sont très nombreuses et variées sur les animaux, la santé humaine, les infrastructures industrielles, l'activité agrigole et horticole... (voir la contribution de H. Jourdan). Une analyse coût/bénéfice avait été entreprise par l'*Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics* en 2001 pour évaluer l'intérêt du programme d'éradication. Cette analyse a montré que le coût pour la société atteindrait les 8,9 milliards de dollars australiens au cours des trente prochaines années, si la fourmi n'était pas contrôlée. Le rapport bénéfice/coût du programme serait lui de 25/1 (estimation fondée sur le montant de 124 millions de dollars australiens du programme d'éradication sur cinq ans).

En cas de laisser-faire, les fourmis de feu coloniseraient entre 600 000 km² et 4 millions de km² d'ici 2035, selon les estimations. On pense qu'elles étaient déjà présentes depuis au moins dix ans lors de leur détection. Le délai de détection explique leur propagation depuis le Sud-Est du Queensland. Aujourd'hui, le traitement porte sur des sites limités couvrant 30 000 ha, la surveillance se poursuivant ailleurs. Quant à la question de l'éradication totale, nul n'est en mesure à ce jour d'en prévoir l'échéance.

L'efficacité de la surveillance réside dans l'apport de paramètres quantitatifs après détection. C'est ainsi que sur l'île de Maui (Hawaii), un projet de détection précoce a été mis en œuvre dans le cadre d'une coopération entre l'USGS (*US Geological Survey*) et le MISC (*Maui Invasive Species Committee*). Ce projet a permis de dresser la liste d'une centaine de végétaux potentiellement envahissants, sur la base des espèces invasives connues sur d'autres îles hawaïennes et des végétaux cultivés localement mais connus pour être envahissants ailleurs. Le travail s'est traduit par l'inspection de près de 2 000 km de routes et de plus de 16 000 enregistrements pour les espèces cibles. Pour 79 espèces, quelques 1 000 sites hors routes ont été ajoutés grâce à l'aide de botanistes de terrain. Cette action a constitué un point de départ essentiel des efforts d'éradication du MISC.

Par ailleurs, il est intéressant de signaler la nouvelle approche en cours d'expérimentation en Australie. Cette approche, dite par « sites sentinelles », consiste à sélectionner des zones urbaines et des parcs nationaux investis par un grand nombre de végétaux étrangers, dont la plupart sont potentiellement envahissants. Des évaluations de densité et de biomasse ont été réalisées, puis reproduites trois ans plus tard, afin de classer les espèces en fonction de l'évolution de ces paramètres. D'une manière générale, les efforts déployés par ce pays en matière d'évaluations ont permis une augmentation du taux de détection. L'enjeu est fondamental car la détection précoce permet de mettre rapidement en œuvre des stratégies d'éradication ou de confinement, et donc de réduire les pertes économiques et les effets environnementaux (voir l'encadré).

L'ÉRADICATION, SUCCÈS ET ÉCHECS

La question de l'éradication est extrêmement controversée. Certains estiment qu'elle est rarement faisable, qu'elle se traduit souvent par des coûts exorbitants et qu'elle peut entraîner des dommages substantiels sur des organismes non ciblés. Pour d'autres, le choix éradication vs contrôle s'apparente à un choix de « paiement comptant » vs « paiement échelonné ». Le contrôle serait alors une mauvaise affaire car il impliquerait une mobilisation de fonds publics sur une durée très longue et sans échéance fixée à l'avance. Selon ces derniers, si l'éradication est engagée suffisamment tôt, elle a toutes les chances de réussir, le contrôle qui doit suivre ne se résumant alors qu'à une surveillance de routine. Reste que les objections peuvent être

si importantes (problème des effets « collatéraux ») qu'il faut une intervention gouvernementale.

Quand éradiquer alors ? Aucun doute que la détection précoce d'une espèce envahissante est déterminante. Certains auteurs avancent un critère de surface maximale infestée. Le logarithme du coût augmenterait en effet linéairement et rapidement avec le logarithme de la mesure de cette surface. Par exemple, en Californie, il semble que sur 50 infestations de 16 végétaux nuisibles, peu de projets d'éradication aient été couronnés de succès si les zones concernées s'étendaient sur plus de 1 000 ha (cette limite supérieure étant toutefois contestée par d'autres auteurs). Six critères ont récemment été proposés qui conditionneraient le succès d'une éradication (voir l'encadré).

Divers caractères peuvent en outre faciliter le travail : il est plus aisé de trouver des mammifères de grande taille que de petits insectes ; il en va de même pour les végétaux. Dans le groupe des végétaux toutefois, certaines caractéristiques biologiques (taux de reproduction élevé, banque de graines dormantes...) constituent un inconvénient majeur. Dans tous les cas, l'analyse scientifique des résultats doit donc être encouragée, de telle sorte que les choix relèvent de critères scientifiques plus que politiques. Les gouvernements ont en effet tendance à privilégier des programmes d'éradication, et à les poursuivre même si l'éradication complète apparaît comme impossible, pour des raisons qui échappent à la rationalité scientifique.

Les six facteurs de succès d'une éradication (d'après Myers *et al.*, 2000)

- Des ressources suffisantes pour financer un programme jusqu'à son terme (elles peuvent être très élevées pour des dégâts déjà étendus).
- Une autorité claire, nécessaire pour autoriser une personne ou une administration à prendre toutes les mesures nécessaires, y compris l'accès aux terres privées.
- Une approche biologique permettant de décider des espèces susceptibles d'être traitées ainsi (capacité de dispersion, modes de reproduction, données historiques...).
- Une vigilance sur tout risque de ré-invasion.
- La possibilité de détecter l'organisme nuisible à des densités faibles.
- Une vigilance par rapport à toute réaction négative des écosystèmes (augmentation explosive éventuelle d'une autre espèce nuisible...).

Au plan économique, l'équation n'est pas simple. On observe fréquemment que le coût d'une élimination à 99 % d'une population-cible est inférieur au coût engendré par les efforts d'une élimination totale (voir la contribution de A. Sheppard *et al.*). Du coup, les administrations ont tendance à réduire leurs financements. Cette situation s'est par exemple présentée pour la gestion de l'hydrille (*Hydrilla verticillata*), en Floride. Dans l'idéal, il faudrait préalablement réaliser une analyse complète du rapport bénéfices sur coût avant d'adopter un choix d'éradication.

Ces analyses sont cependant complexes dans le domaine des ressources naturelles (voir p. 70). Dans le cas des invasions en particulier, il est difficile de prévoir leur trajectoire, mais aussi les effets des différentes mesures de gestion. En 2004, un modèle conceptuel adapté aux écosystèmes agricoles et naturels a été proposé. Il prend en compte le taux intrinsèque d'extension de l'aire de répartition de l'envahisseur, le coût par unité de surface du contrôle de l'invasion, et les dommages par unité de surface causés par l'invasion. Il identifie un seuil (à déterminer) au-delà duquel l'aire colonisée est trop importante pour autoriser une tentative d'éradication. De telles analyses économiques devraient toutefois inclure le risque d'extension à d'autres zones.

Il reste que le contexte insulaire, notamment celui des petites îles, plaide en faveur des techniques d'éradication. De nombreux succès ont de fait été enregistrés dans diverses îles de la planète. En ce qui concerne les végétaux, les exemples d'éradications les plus réussies dans les îles du Pacifique sont liés à une détection précoce et rapide. Parmi les espèces éradiquées, figurent l'arbre ombrelle de Palau (*Schefflera actinophylla*), l'*Antigonon leptopus* de Niue, un arbre calebasse (*Coccinia grandis*), l'épine de Jérusalem (*Parkinsonia aculeata*) et le *Pennisetum setaceum* d'Hawaïi. D'autres succès ont également été obtenus en Nouvelle-Zélande. Par exemple, des rongeurs commensaux (rat du Pacifique, rat surmulot, rat noir) ont été éliminés de plus de 90 îles au cours des quarante dernières années (voir les autres exemples dans la contribution de A. Sheppard *et al.*).

Certaines tentatives se soldent néanmoins par un succès mitigé, voire un échec. C'est le cas emblématique de la crupine commune (*Crupina vulgaris*) qui avait été détectée pour la première fois sur une zone de 18 ha, dans l'Idaho, en 1969. Douze ans plus tard, elle était établie sur 9 000 ha, et elle était classée nuisible au niveau fédéral. Une étude de faisabilité de son éradication a été lancée, qui a abouti à la conclusion d'une éradication

envisageable. Le groupe mixte de planification du projet, constitué au niveau fédératif et étatique, ne s'est pas constitué avant 1991. La crupine commune avait alors atteint les États de Californie, d'Oregon et de Washington, et couvrait 25 000 ha. On peut se demander si une intervention dès les années 1970 n'aurait pas apporté une solution immédiate. En outre, ce groupe s'est finalement prononcé contre une action immédiate au motif que l'herbicide préconisé aurait des effets négatifs sur le saumon. D'autres échecs concernent la fourmi de feu dans le sud-est des États-Unis, par exemple, ou la chondrille effilée (*Chondrilla juncea*) dans l'État d'Australie occidentale.

Quelles alternatives à l'éradication ? Il y en aurait trois, selon Judith H. Myers : ralentir l'extension de l'espèce par le confinement, la maintenir à un niveau de densité tolérable, et utiliser le contrôle biologique. La première laisse la porte ouverte à l'émergence de moyens imprévus (meilleur pesticide, modification génétique...). La seconde implique de recourir aux trois modes de contrôle classique (mécanique, chimique, biologique). Quant au contrôle biologique, il a connu des succès comme des échecs. Les précautions prises actuellement, fondées sur des connaissances scientifiques pertinentes, semblent garantir un rôle clé de ces techniques à l'avenir. En tout état de cause, il n'existe pas de solution simple pour répondre à un problème d'envahissement. Même en cas de succès d'une éradication, il se peut qu'une autre espèce allochtone, dont la dissémination était freinée par l'espèce éradiquée, se mette à se multiplier très rapidement.

Quel dispositif de biosécurité ?

Dans une période où le concept de préservation se heurte à celui de progrès, au sens que le siècle dernier a donné à ce terme, l'impact des espèces envahissantes apparaît comme de plus en plus intolérable, notamment pour les milieux insulaires. Le monde vit en effet un tournant dans sa perception et sa gestion de ce risque. Avec la mondialisation des échanges, les systèmes de biosécurité internationaux, mais aussi nationaux, montrent des faiblesses dans leur capacité à stopper ces organismes nuisibles et suscitent un certain nombre de critiques. En particulier, certains auteurs invoquent les limites de systèmes uniquement focalisés sur les risques associés à l'introduction des espèces. Il faudrait, selon eux, pouvoir rendre compte des motivations de ces introductions et envisager les solutions possibles pour y répondre.

Ce n'est que très récemment que les risques non agricoles ont été pris en compte, les dommages subis par la biodiversité et les milieux naturels ayant jusqu'alors reçu peu d'attention. À cet égard, le principe de précaution devrait peser de plus en plus lourd à l'avenir, comme le recommande d'ailleurs la Convention sur la diversité biologique (CDB). À l'heure actuelle, l'Organisation mondiale du commerce (OMC) doit respecter l'accord d'application des mesures sanitaires et phytosanitaires (SPS) définies par la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV). Des réunions internationales se sont tenues il y a peu pour favoriser la coopération entre la CIPV et la CDB. Il faut noter également que la prise en compte des espèces envahissantes relève de la même logique que celle des risques phytosanitaires, qui consistent toutes les deux à lutter contre l'introduction et l'établissement d'un organisme étranger.

RISQUES PHYTOSANITAIRES SOUS L'ANGLE INTERNATIONAL ET NATIONAL

À ce jour, aucun principe scientifique ni aucune procédure fiable ne permettent de prévoir le pouvoir d'envahissement d'une espèce dans une nouvelle zone géographique. En revanche, pour chaque organisme, des données comportementales sont susceptibles d'être recueillies à partir d'informations

provenant d'autres régions, si tant est qu'elles existent. En particulier, le fait qu'un végétal ait envahi un environnement similaire à celui de la Nouvelle-Calédonie, dans un autre pays, peut laisser penser qu'il a toute les potentialités pour s'établir et se disséminer sur cet archipel. Cela est également vrai des arthropodes et des pathogènes, si les végétaux qui assurent leur survie sont présents en Nouvelle-Calédonie. Cet aspect souligne pour le moins l'importance du travail bibliographique à réaliser en cas de doute ou d'alerte. Toujours est-il que la mise en œuvre d'instruments performants pour évaluer au mieux l'ampleur du risque potentiel reste le passage obligé.

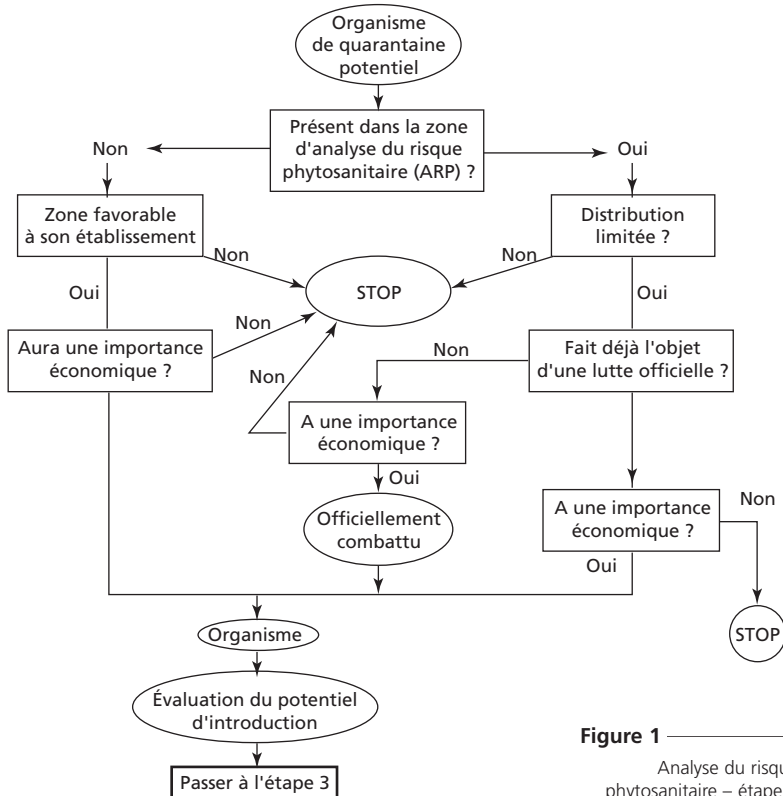


Figure 1
Analyse du risque phytosanitaire – étape 2

L'évaluation du risque phytosanitaire et la détermination du niveau approprié de protection sont encadrées par les directives d'analyse du risque phytosanitaire (ARP) de la CIPV. Cette analyse doit respecter les Normes internationales de mesures phytosanitaires (NIMP) et se dérouler en trois étapes :

- la première étape consiste à identifier l'organisme nuisible et/ou les filières propices à l'introduction ou à la dissémination d'un organisme de quarantaine ;
- au cours de la seconde étape, schématisée par un diagramme (voir la figure 1), on évalue le risque (probabilités d'entrée, d'établissement et de dissémination, importance économique) ;
- la troisième étape concerne la gestion du risque phytosanitaire identifié à l'étape précédente.

L'objectif est d'apporter la preuve, sur la base d'arguments biologiques ou d'autres arguments de nature scientifique ou économique, qu'un organisme soit réglementé. Il s'agit également de définir la nature des mesures phytosanitaires à prendre. Au plan national, les législations de protection des végétaux et de protection de l'environnement doivent se conformer aux obligations internationales. Plusieurs approches sont possibles. L'une postule « l'innocence jusqu'à preuve du contraire », c'est l'approche par liste noire. La CIPV et la majorité des pays définissent une liste (actualisée) d'organismes nuisibles formellement interdits à l'importation, sans même l'application d'une quarantaine. Toute espèce qui n'y figure pas peut être importée, sous réserve qu'elle n'héberge pas une espèce interdite. Cela n'empêche pas de procéder à une analyse de risque si l'une d'entre elles est perçue comme potentiellement nuisible. Notons que la « présomption d'innocence » est violemment remise en cause par certains scientifiques, comme l'écologiste américain D. Simberloff, qui récuse par exemple le primat du libre-échange aux États-Unis, aux dépens des préoccupations environnementales. Une autre approche est adoptée dans les pays gravement atteints, comme l'Australie et la Nouvelle-Zélande : l'approche par liste blanche, ou « coupable jusqu'à preuve du contraire ». Une espèce qui n'y figurerait pas doit obligatoirement faire l'objet d'une analyse phytosanitaire. Cette approche est recommandée dans la nouvelle stratégie européenne sur les espèces allochtones envahissantes.

L'évaluation du risque lié aux adventices concerne essentiellement les deux premières étapes de l'évaluation du risque phytosanitaire : l'organisme est-il susceptible d'une quarantaine, ou du moins d'une réglementation ?

Cette évaluation se fait selon la procédure du *Weed Risk Assessment* (WRA), développée à l'origine en Australie. Ce système a été conçu de manière à répondre à des exigences d'efficacité, de transparence, de temps et d'argent. Il se présente sous forme d'un questionnaire assorti d'une feuille de notation (49 questions sur l'histoire et la biogéographie, le climat et la répartition, la biologie et l'écologie, le type de végétal...). Selon le score obtenu, l'espèce est acceptée ou rejetée. Une limite du WRA est de produire un certain nombre de « faux positifs ». Il peut également rejeter des espèces utiles mais envahissantes. Le modèle est en cours d'adaptation et devrait constituer un instrument pertinent pour la Nouvelle-Calédonie. Par ailleurs, des directives relatives à l'évaluation de ce risque dans les pays en développement sont disponibles auprès de la *Food and Agricultural Organization* (FAO).

L'évaluation du risque associé aux adventices passe toujours par une phase bibliographique. Il s'agit de collecter toutes les informations disponibles sur un nuisible potentiel et de les interpréter. La première information nécessaire, conformément aux normes de la CIPV, est la liste des espèces végétales exotiques du pays. Certaines sources papier et électroniques sont vitales (flores régionales, informations sur la biologie, l'écologie et la répartition des adventices...). La mise en réseau d'experts constitue également une composante importante du processus. La CIPV a élaboré des directives internationales pour la prévention de l'introduction et de la dissémination de végétaux et de produits végétaux nuisibles. Révisées en 1997, et complétées depuis, elles font notamment autorité auprès de l'OMC.

LA BIOSÉCURITÉ DANS LA ZONE DU PACIFIQUE

Les réponses aux problèmes des espèces nuisibles diffèrent considérablement d'un pays à l'autre. La Nouvelle-Zélande est internationalement connue pour avoir mis au point le dispositif de biosécurité le plus abouti. Son système de quarantaine est particulièrement performant. Il s'appuie notamment sur la loi de 1993, relative à la biosécurité, qui vise à maintenir à l'extérieur du pays les nouveaux organismes envahissants introduits de façon fortuite, et à éviter leur dissémination. La responsabilité de la mise en œuvre de la quarantaine incombe au ministère de l'Agriculture et de la Forêt (MAF). Quant à la loi de 1996 sur les substances dangereuses et les nouveaux organismes (HSNO, pour *Hazardous Substances and New Organisms*

Act), elle régit les opérations et les obligations des personnes et organisations introduisant intentionnellement de tels organismes. Elle exige une autorisation de l'autorité de gestion du risque environnemental (Erma, pour *Environmental Risk Management Authority*). L'un des résultats de cette loi a été l'interruption effective des importations, à des fins de loisirs, de nouveaux organismes exotiques.

Par ailleurs, le contrôle des importations des « marchandises à risque » réduit le nombre d'introductions fortuites. L'entrée sur le territoire de telles marchandises est réglementée par des normes sanitaires d'importation (IHS, pour *Import Health Standards*). Il en existe plus de 500 pour les animaux, végétaux et produits organiques associés. Le système de quarantaine du MAF est extrêmement bien équipé et tous les points d'entrée sur le territoire sont inspectés (rayons X, chiens...), avec amende immédiate de 200 dollars néo-zélandais en cas d'infraction. Il en est de même pour le courrier international. En ce qui concerne le trafic maritime, de nouvelles normes sanitaires d'importation pour les conteneurs maritimes viennent d'être instituées. Les inspections se font aux points d'entrée dans le pays. Selon certains auteurs, les dépenses de la Nouvelle-Zélande pour la biosécurité pourraient atteindre 1 % de son PIB (pour en savoir plus, voir la contribution de A. Sheppard *et al.*).

Le cas de Hawaii est assez différent. En tant qu'État des États-Unis, il pâtit du choix des autorités fédérales américaines de se focaliser prioritairement sur la protection des activités agricoles dominantes, en se préoccupant peu, jusqu'à ce jour, de la préservation des écosystèmes. Or, Hawaii est extrêmement sensible aux invasions. C'est le service de quarantaine du ministère de l'Agriculture (HDOA-PQ, pour *Hawaii Department of Agriculture, Plant Quarantine Branch*) qui est chargé de réglementer et de contrôler l'importation et les transferts de tous les végétaux et animaux allochtones. Dans le courant des années 1990, suite à une controverse relative à l'agrandissement de l'aéroport de Kahului et à son impact potentiel sur le Parc national de Haleakala, le HDOA a réalisé une évaluation du risque phytosanitaire pour cet aéroport (Kara, pour *Kahului Airport Pest Risk Assessment*). L'étude a permis de perfectionner le programme de quarantaine de l'aéroport. Elle a aussi conduit à proposer des améliorations pour l'ensemble du pays (voir la contribution de A. Sheppard *et al.*).

Le dispositif de biosécurité australien ressemble beaucoup plus à son homologue néo-zélandais. L'Australie est le pays qui enregistre la plus faible

endémicité : 16 % de sa flore est constituée d'espèces exotiques, 15 % des mammifères sont des espèces invasives allochtones, environ 20 % des insectes sont d'origine étrangère. Globalement, les plantes exotiques coûtent près de 4,4 milliards de dollars australiens par an au pays, sans compter les dommages environnementaux. L'approche adoptée se fonde sur une liste blanche des espèces autorisées. Chaque nouvelle espèce, avant d'être introduite, est soumise à une évaluation du risque d'importation et à une évaluation du risque environnemental. Cette procédure, à la charge de l'importateur, doit suivre un protocole très encadré et assez long, au cours duquel le public est lui aussi invité à s'exprimer, ce qui garantit sa forte implication sur le problème des espèces nuisibles (pour en savoir plus, voir la contribution de A. Sheppard *et al.*). Les équivalents australiens des normes sanitaires d'importation (IHS) néo-zélandaises sont les analyses de risque d'importation (IRA).

Il est enfin intéressant d'évoquer la réglementation sur les espèces introduites envahissantes de la Polynésie française. Collectivité française d'outre-mer, elle a acquis le statut de Pays depuis février 2004. Le ministère de l'Agriculture et de l'Élevage et le Service du développement rural sont en charge de la quarantaine zoo- et phyto-sanitaire à la frontière, mais aussi pour les échanges inter-îles. La lutte contre l'introduction d'espèces envahissantes s'appuie sur deux textes : la délibération relative à la protection de la nature (1995) et la délibération sur la protection des végétaux. La première interdit notamment toute introduction ou importation d'espèce animale ou végétale n'existant pas sur le territoire. Pour toute dérogation, la preuve de l'innocuité de l'espèce concernée est à la charge du demandeur, ce qui est très dissuasif. La seconde fixe la liste des organismes nuisibles qui sont interdits à l'importation. En outre, un Comité interministériel de lutte contre le miconia et autres espèces végétales menaçant la biodiversité a été créé en 1998. Il pourrait, à terme, être élargi à l'ensemble des espèces végétales et animales envahissantes (pour en savoir plus, voir la contribution de A. Sheppard *et al.*).

Il ne fait en tout cas aucun doute que le succès de la prévention contre une espèce envahissante non encore introduite est directement corrélé aux performances du système de biosécurité. C'est ainsi que la Nouvelle-Zélande n'a jamais été affectée jusqu'à ce jour par l'établissement de la fourmi de feu (Rifa), alors qu'elle s'est établie en Australie (2001), à Taïwan (2004), à Hong Kong (2005) et en Chine continentale (2005). Les autorités néo-zélandaises disent avoir également réussi à éradiquer le bombyx disparate

(*Lymantria dispar*) depuis mai 2005. Le ministère de l'Agriculture et de la Forêt avait mis en œuvre un programme de surveillance dès 1993. Lorsqu'un bombyx a été capturé en 2003, au sud d'Auckland, un programme d'éradication a été déclenché immédiatement, dont le coût s'est élevé à 5,4 millions de dollars néo-zélandais pour deux ans de traitement.

LE DISPOSITIF DE QUARANTAINE NÉO-CALÉDONIEN

Soulignons, au préalable, que la surveillance du territoire néo-calédonien se trouve facilitée par le fait que les entrées sur le territoire depuis l'extérieur se concentrent pour l'essentiel en deux sites. Environ 99,9 % des marchandises transitent par le port de Nouméa, qui accueille également presque tous les bateaux de croisières. En ce qui concerne le trafic aérien, l'aéroport international de Tontouta constitue la seule entrée. C'est du coup le point d'entrée principal pour les organismes envahissants ne supportant pas un transport trop long. À cet égard, les risques d'introductions par des résidents, notamment celles d'espèces exotiques, y sont nettement plus grands que par des touristes. Pour autant, les nouveaux points d'entrée ouverts au dédouanement des marchandises ne doivent pas être négligés, comme ceux liés à l'activité minière (Koumac, Goro), ou les points d'entrée temporaires à vocation touristique (Touho, Lifou, Hienghène). Quant aux colis postaux, ils passent tous par Nouméa PTT. Le flux postal commercial de produits végétaux commandés à l'étranger doit faire l'objet d'une déclaration en douane, ce qui permet un contrôle. Le trafic postal privé expose l'archipel à un risque bien plus important.

Le dispositif législatif de quarantaine pour les organismes nuisibles aux plantes est plus ou moins calqué sur ses homologues européens, avec des particularités propres aux régions isolées (voir l'annexe 2 de la contribution de M. Delos *et al.*). Il s'appuie sur deux délibérations du congrès du territoire : l'une en date du 11 août 1992, pour le cadre général des actions de protection des végétaux (dont la quarantaine végétale), et l'autre du 18 octobre 1996, portant plus spécifiquement sur la quarantaine végétale. Les listes de quarantaine sont des listes « négatives » pour les organismes indésirables ou leur support potentiel, et elles sont « positives » pour les marchandises connues comme supports potentiels de tels organismes. En raison des spécificités néo-calédoniennes (contexte insulaire, territoire historiquement éloigné des flux de voyageurs ou de produits végétaux), ce dispositif est renforcé par

deux types de mesures. Les premières, à caractère exceptionnel, sont prises par le pouvoir exécutif en cas de danger imminent (introduction ou propagation d'un organisme absent de la liste négative). Les autres mesures résident dans l'instauration du permis d'importation, généralisé pour les végétaux ou produits végétaux non prévus dans les textes, et qui offre à l'administration un moyen de contrôle permanent des flux déclarés.

Les listes négatives sont au nombre de trois. Ces listes d'organismes nuisibles, de produits végétaux ou de supports de culture indésirables figurent comme annexes (I, II, III) aux délibérations précitées (voir la contribution de M. Delos *et al.*). Elles sont complétées par une quatrième annexe qui fixe les conditions d'importation des produits et des végétaux autorisés. Le recours au permis d'importation est presque systématique (annexe IV), sauf pour les gros volumes de produits végétaux, les fruits et les légumes, importés depuis certaines régions (Union européenne, Chili, États-Unis, Australie, Nouvelle-Zélande). Un traitement systématique est cependant imposé pour tout produit d'origine douteuse, pouvant contenir, par exemple, des organismes indésirables tels que *Bractocera* et *Anastrepha* qui sont présents sur une partie du territoire américain. Une lacune importante vaut d'être signalée : les bois pour un usage lié au transport (calage, emballage de produits autres qu'agricoles...) ne sont pas évoqués dans la réglementation. Seuls les bois bruts ou transformés sont pris en compte avec des mesures adaptées au risque.

Quoi qu'il en soit, le dispositif législatif néo-calédonien apparaît en l'état comme globalement satisfaisant pour prévenir l'introduction d'espèces envahissantes nuisibles pour les végétaux. Des améliorations pourraient toutefois être apportées. Elles concernent, outre le problème des emballages en bois, la liste des espèces animales de l'annexe I, trop limitative (notamment pour les vertébrés, arthropodes et mollusques). Il serait également souhaitable de porter une attention particulière au cas des machines et véhicules usagés ayant servi par le passé à des travaux forestiers ou agricoles hors de l'archipel (machines agricoles, moissonneuses batteuses...). À noter aussi que les espèces animales envahissantes non nuisibles aux végétaux et ne véhiculant pas de maladies surveillées par les services vétérinaires restent à ce jour sans surveillance. Enfin, on observe quelques carences flagrantes dans les listes de quarantaine : par exemple, la rouille (*Puccinia psidii*) qui s'attaque à de nombreuses espèces de myrtacées, et les myrtacées, vecteurs potentiels de la rouille.

En ce qui concerne le dispositif administratif de quarantaine, un arrêté relatif à l'organisation de la Direction régionale des douanes de Nouvelle-Calédonie (24 avril 2002) et un arrêté du gouvernement de Nouvelle-Calédonie (22 février 2002) définissent les attributions de la Direction des affaires vétérinaire, alimentaire et rurale, la Davar (voir l'annexe 2 de la contribution de M. Delos *et al.*). Le service d'inspection vétérinaire, alimentaire et phytosanitaire de cette Direction est à la fois chargé des aspects de quarantaine végétale et animale, et des aspects d'inspection, de surveillance et de lutte à l'intérieur du territoire. Ce dispositif est assez classique : un double système de contrôle avec un premier tri entre les marchandises à la douane, sur la base du code douanier, celles-ci étant soumises à des contrôles phytosanitaires par la Davar, si nécessaire. La répartition des rôles entre les différents acteurs des opérations de contrôle et d'inspection est identique à celle de nombreux pays (voir la contribution de M. Delos *et al.*).

Au plan des moyens, sans doute le point le plus faible du dispositif néo-calédonien, il serait utile de disposer au moins d'un agent itinérant, en plus des agents aux frontières, qui surveillerait les nouveaux points d'entrée ouverts dans la province Nord. Par ailleurs, l'augmentation du nombre de contrôleurs permettrait d'accroître le nombre et le volume des inspections. Les contrôles des conteneurs et ses colis postaux (rayons X) sont notamment très insuffisants. Mais surtout, il manque un laboratoire d'identification phytosanitaire et une station de quarantaine. Ces outils sont indispensables, par exemple pour évaluer l'impact environnemental de végétaux à risque dont l'introduction serait malgré tout souhaitée.

SURVEILLANCE ET GESTION DU RISQUE EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Les grandes activités de surveillance et de contrôle sont définies par la délibération du congrès du territoire précédemment citée (11 août 1992). Elles s'articulent autour de cinq types d'actions : surveillance des productions végétales, identification des organismes nuisibles, avertissements agricoles, contrôle des sites de production et de multiplication des végétaux, et enfin surveillance de l'introduction, de la multiplication et de l'utilisation des agents de lutte biologique (ces derniers peuvent se révéler être des espèces envahissantes redoutables). Le dispositif administratif de surveillance et de contrôle est, pour sa part, défini par l'arrêté du 22 février 2001. La surveillance est une

composante essentielle d'un dispositif de biosécurité (voir le tableau 12 et voir l'annexe 4 de la contribution de M. Delos *et al.*). Elle comporte deux aspects : la surveillance générale et les prospections ponctuelles. Par exemple, la prospection qui a accompagné la tentative d'éradication du *bunchy top* était de la deuxième catégorie. En revanche, les observations de l'ensemble des acteurs du monde agricole, des chercheurs, des sociétés savantes, des associations... peuvent être valorisées pour une surveillance générale.

Tableau 12 – Qui fait quoi dans la surveillance du territoire : le contrôle et la gestion des risques après l'introduction ?

Organisation	Surveillance, détection et contrôle	Gestion : éradication et lutte
Davar	<ul style="list-style-type: none"> – Surveillance et inspection sanitaire des productions végétales – Contrôle des établissements de production et multiplication des végétaux – Contribution à l'organisation des avertissements agricoles (théorique) 	Lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux et constituant des fléaux. Organisation de l'éradication
Services provinciaux DDR* et DRN* en province Sud DDE-E* en province Nord DAE* en province des îles	<ul style="list-style-type: none"> – Participation à la surveillance – La DDR* (agriculture) assure le suivi technique, sanitaire et le conseil technique – La DRN* (environnement) assure la protection de l'espace terrestre et la conservation des ressources naturelles. Elle élabore également la réglementation provinciale liée au secteur environnemental – La DDE-E* élabore la réglementation provinciale liée au secteur environnemental et assure la préservation du patrimoine naturel provincial 	Participation à la lutte, organisation de l'éradication des espèces envahissantes menaçant l'environnement naturel (rats sur les îlots, miconia...)

* DDR : Direction du développement rural.

DRN : Direction des ressources naturelles.

DDE-E : Direction du développement économique et de l'environnement.

DAE : Direction des affaires économiques.

La surveillance et le contrôle, notamment le contrôle des établissements de production et de multiplication des végétaux, souffrent toutefois d'un manque de moyens et d'effectifs. Il semble que la répartition des tâches avec les services provinciaux ne soit pas clairement définie. La mise en œuvre des activités d'avertissement agricole, également prévue par les textes, reste relativement théorique, bien qu'il s'agisse d'un moyen de gestion efficace des organismes établis mais aussi de communication institutionnelle. Enfin, la surveillance des espaces non agricoles et des forêts reste embryonnaire. Un réseau de surveillance beaucoup plus rigoureux qu'à l'heure actuelle devrait être mis en place, notamment dans la province Sud. Cette région concentre en effet les principaux points d'entrée, ainsi que l'essentiel de la population et de l'activité économique. Elle est donc très exposée aux introductions fortuites, du fait du flux de marchandises qui y transite, mais aussi suite aux introductions volontaires (les plantes ornementales potentiellement envahissantes ayant une probabilité d'introduction plus forte dans les zones les plus habitées). On y trouve également la plus grande part des pépinières, dont 90 % ne sont pas inspectées. Ces faiblesses du dispositif de surveillance et de contrôle néo-calédonien a sans doute contribué à l'échec de la tentative d'éradication du *bunchy top* (voir aussi p. 104). La mise en place d'un système efficace de surveillance et de prospection suppose de mettre en place des réseaux associant les services provinciaux. Ce dispositif est à construire. L'absence d'un secteur de prescription privé organisé pour la lutte antiparasitaire végétale, comme il en existe un dans le domaine animal avec les vétérinaires privés, est un handicap important. Les centres de recherche présents sur l'archipel, les agriculteurs professionnels, mais aussi les associations de protection de l'environnement peuvent servir de relais sur le terrain pour un certain nombre de milieux et d'organismes.

Comment communiquer sur les espèces envahissantes ?

La lutte contre des espèces envahissantes, comme tout autre problème de nature environnementale, doit s'appuyer sur une prise de conscience des enjeux de cette lutte par la population et par les acteurs économiques concernés. Le soutien informé et actif du public est en effet un gage de réussite dans la gestion de telles crises, qui ne sauraient se satisfaire de la mise en œuvre de méthodes réglementaires et/ou coercitives. Mais comment, et quoi, communiquer ? La question des espèces envahissantes n'est en effet pas dépourvue de conflits d'intérêt, puisque certaines d'entre elles sont sources de revenus, de loisirs, voire d'alimentation au quotidien.

En outre, le coût d'une campagne de communication est loin d'être négligeable. Il est donc indispensable de bien concevoir les messages, d'identifier les cibles, de faire une estimation *a priori* des bénéfices attendus. En termes économiques, la diffusion d'informations représente désormais un des modes de régulation des risques à part entière.

DE L'INFORMATION À LA COMMUNICATION

L'implication des communautés locales (ou la participation du public) est considérée comme un facteur incontournable de succès des projets entrepris par un certain nombre d'organisations internationales, telle la Banque mondiale. Construire des stratégies de communication lors de la préparation des programmes de prévention, d'éradication et de contrôle est également l'une des recommandations de l'UICN en matière de gestion des espèces envahissantes : « Prévoir une réelle consultation des communautés locales et de toutes les parties concernées par le programme permet d'éviter la plupart des malentendus et désaccords qui peuvent survenir par la suite ». Même si des mesures ont été prises pour inciter la prévention d'un risque environnemental (amendes, pénalités...), il semble qu'un programme d'information du public permettrait d'augmenter fortement le respect des normes.

D'une manière générale, une campagne d'information sur les risques liés aux espèces envahissantes peut avoir différents objectifs et intérêts (voir l'encadré suivant). Trois grands objectifs pour une campagne d'information

- Permettre une prise de conscience des comportements ou activités à risque et permettre un changement volontaire des comportements. Ce point est important en appui de programmes publics de prévention des introductions d'espèces envahissantes reposant sur un contrôle aux points critiques (système HACCP, voir p. 59).
- Permettre aux « victimes » d'identifier l'origine et les conséquences prévisibles d'un problème environnemental et leur donner ainsi les moyens de réagir.
- Modifier la perception qu'a la population de l'importance des enjeux environnementaux, soit en améliorant son niveau de connaissance scientifique sur un problème donné (campagne d'information), soit en la persuadant de l'urgence de l'action. Cet aspect peut s'avérer crucial pour légitimer l'intervention publique.

Au plan économique, le fait que l'information de tous les agents ne soit pas parfaite est interprété comme un dysfonctionnement de marché. L'information divulguée contribue à corriger ce dysfonctionnement. Il en résulte une augmentation du bien-être collectif par rapport à la situation initiale, et donc une meilleure efficacité allocative. Au plan politique, les opérations d'information (à l'échelle locale, comme globale) sont, pour les autorités politiques et administratives, un moyen de se voir légitimées au regard des actions engagées : l'apport d'information scientifique tend à favoriser le consentement à payer des individus pour des programmes de prévention. L'enjeu est en fait triple : améliorer la compréhension des enjeux environnementaux par la diffusion de connaissances scientifiques, légitimer l'action publique, rendre plus efficace cette action publique.

L'importance relative de ces objectifs conditionne le choix d'un type de stratégie de communication : campagnes d'éducation à vocation généraliste, campagnes de sensibilisation à un risque particulier, ou campagnes de marketing social (persuasion). Dans la pratique, la première étape consiste à identifier les groupes cibles (acteur industriel, exploitant, grand public...) et à en établir le profil socio-économique, même rudimentaire. En second lieu, il faut définir les objectifs (éducation, sensibilisation, changement de comportement...) et choisir une stratégie adaptée : campagne de sensibilisation

Recommandations de l'UICN pour une campagne d'information sur les espèces envahissantes (EE)

1/ Identifier les intérêts spécifiques et les rôles des communautés et des secteurs pertinents par rapport aux problèmes des EE et les cibler en termes d'information adaptée et d'actions recommandées, le « grand public » étant un des groupes cibles importants à considérer.

2/ Rendre facile l'accès à une information actuelle et précise comme élément clé des campagnes de prise de conscience. Cibler les différentes audiences avec une information sur différents supports : forme électronique, manuels, bases de données, revues scientifiques, publications grand public.

3/ Cibler tout spécialement les importateurs et exportateurs de biens et d'organismes vivants, comme un groupe clé vers qui diriger les efforts d'information et d'éducation, menant à une prise de conscience et une meilleure compréhension du problème ainsi que de leur rôle possible dans la prévention.

4/ Encourager le secteur privé à se développer et à suivre des recommandations de type « bonnes pratiques ». Contrôler l'application de ces recommandations.

5/ Une autre priorité importante est d'informer et de donner des conseils aux voyageurs, à la fois à l'intérieur du pays et lors de transferts internationaux. Faire prendre conscience des risques à un maximum de personnes de leur propre impact en termes d'introductions d'espèces peut permettre de réduire les risques à moindre coût.

6/ Encourager le secteur de l'éco-tourisme à sensibiliser ses clients au problème des EE. Travailler avec ces acteurs pour développer des principes et des recommandations spécifiques à l'industrie du tourisme pour prévenir l'introduction accidentelle ou non autorisée de plantes allochtones (graines notamment) et d'animaux dans des habitats insulaires et des écosystèmes particulièrement fragiles (lacs, montagnes, réserves naturelles, aires sauvages, forêts isolées...).

7/ Former du personnel affecté aux mesures de quarantaine, de contrôle aux frontières, à être conscient d'un contexte plus global et des menaces pour la biodiversité, en plus de leurs compétences actuelles.

8/ Construire des stratégies de communication lors de la préparation des programmes de prévention, d'éradication et de contrôle. Prévoir une réelle consultation des communautés locales et de toutes les parties concernées par le programme permet d'éviter la plupart des malentendus et désaccords qui peuvent survenir par la suite.

9/ Inscrire les problèmes relatifs aux introductions d'EE – et les solutions possibles – à une place adaptée dans les programmes éducatifs et les enseignements scolaires.

10/ S'assurer que les réglementations nationales en matière d'introduction d'espèces allochtones (volontaires ou accidentelles) sont connues et comprises, non seulement par les citoyens et les institutions du pays, mais aussi par les importateurs étrangers et les touristes.

ou campagne destinée à influencer les comportements (on parle de marketing social). La mise en place d'indicateurs d'impact ou de groupes de suivi permet de faire des réajustements en cours de campagne. Il va de soi que le succès est en partie lié à la crédibilité de l'information divulguée et des moyens de médiation choisis (voir la contribution de E. Gozlan *et al.*).

Les campagnes de sensibilisation visent à informer et à influencer les décisions individuelles et collectives propres à améliorer la prise en compte de l'environnement. Pour le cas des espèces envahissantes, l'UICN a proposé en 2001 un ensemble de recommandations (voir l'encadré).

En ce qui concerne le marketing social, il consiste à recourir aux principes et aux techniques du marketing pour amener le public cible à accepter, à rejeter, à modifier ou à délaisser certains comportements, dans son intérêt ou celui de la société. Il est notamment utilisé pour les problèmes de santé (sida...). Le *Global Invasive Species Program* (GISP) plaide plutôt en faveur de cette seconde stratégie, dont il détaille les différentes étapes (voir la contribution de E. Gozlan *et al.*).

QUELQUES CAMPAGNES DE COMMUNICATION DANS LE PACIFIQUE

Conscients des enjeux liés aux espèces envahissantes, de nombreux États du Pacifique ont développé des campagnes de communication. Il est toutefois regrettable qu'aucune étude sur les impacts et les résultats mesurables n'ait été publiée. On se heurte aussi à la difficulté d'une analyse hors contexte, qui prive d'une mise en perspective par rapport à des campagnes antérieures ou au programme plus vaste dans lequel elles s'inscrivent. Quoi qu'il en soit, quatre programmes relativement complémentaires d'information, de sensibilisation et de participation du public ont été retenus ici. Une grille d'analyse visualisant finement les stratégies de communication en différents lieux a permis d'en dégager les principales caractéristiques (voir la contribution de E. Gozlan *et al.*).

Le programme australien d'information et de sensibilisation sur les plantes

En Australie, plus de 125 000 espèces végétales (dont une grande part est nuisible) représentent une menace pour l'agriculture et l'environnement.

Or, certaines sont pourtant commercialisées dans les jardinerias, en dépit d'un système de prévention universellement reconnu. C'est à l'initiative du *Cooperative Research Center (CRC) for Australian Weed Management* que le programme d'information scientifique a été lancé. Son objectif est de préserver les écosystèmes et les systèmes agraires par le développement et la promotion de systèmes de gestion intégrée fondés sur des connaissances scientifiques. Le public visé comprend les décideurs, les professionnels impliqués dans la gestion des plantes, les experts scientifiques et le grand public. Il se décline au travers de divers supports (site web, documents et programmes pédagogiques pour chaque niveau scolaire, jeux et animations en ligne). L'idée est de former les futurs chercheurs et décideurs, ainsi que les professionnels du secteur, et de favoriser la prise de conscience des élèves et des étudiants. Aucune donnée n'est encore disponible pour mesurer son efficacité.

Une campagne réussie de sensibilisation et d'implication du public en Polynésie française

L'objectif était de contrôler l'invasion de certaines îles polynésiennes par *Miconia calvenscens*. Il s'agissait donc de sensibiliser la population, d'obtenir son soutien et sa participation pour le programme de lutte, d'éduquer les enfants, et de permettre la détection précoce des nouveaux envahissements. Outre les campagnes d'affichage, les interventions dans les manifestations scientifiques, le travail avec les scolaires (au sein des établissements et sur le terrain), et les médias (presse écrite, radio, télévision) ont largement joué leur rôle de relais. Les résultats sont très encourageants. En particulier, la population (notamment des chasseurs) a participé en signalant à diverses reprises aux autorités la présence de *M. calvenscens* dans des sites éloignés ou isolés.

Un programme sensible à certaines des minorités culturelles et linguistiques en Nouvelle-Zélande

L'un des programmes néo-zélandais (en anglais) sur les plantes indésirables comporte de nombreuses analogies avec le programme australien. Mais, en 2002, un programme parallèle a été lancé, dont le but était d'impliquer la communauté chinoise aux actions de conservation. Cette initiative s'est notamment concrétisée par la création d'un consortium (*Chinese*

Conservation Education Trust) inauguré par une cérémonie mêlant cultures et traditions maories, chinoises et européennes. Les actions de sensibilisation se sont articulées autour de trois types d'activités : des sorties éducatives, des visites de services de quarantaine, des réunions régulières sur le thème de la Convention internationale sur les espèces menacées (Cites) et de sa pertinence pour la médecine traditionnelle chinoise.

Une campagne sur le mode du sensationnel menée à Hawaii

Le *Coordinating Group on Alien Pest Species* (CGAPS), qui regroupe diverses institutions hawaïennes, a notamment édité une brochure informative sur les dangers des espèces envahissantes, sur leur origine et sur les recommandations de prévention, le tout agrémenté d'un numéro d'appel pour signaler la présence éventuelle de telles espèces. Le ton et la forme en sont délibérément alarmistes : page de garde noire, pages intérieures présentant des textes alarmistes en noir sur fond rouge, des photos repoussantes, des images de cultivateurs éplorés, etc. Sans aucun doute, cette brochure marque les esprits. Elle ne peut toutefois qu'être un complément à d'autres informations que les autorités hawaïennes diffusent par ailleurs.

Il ressort de ces quatre exemples qu'une approche de type « prise de conscience » semble avoir été préférée à une approche de type marketing social. En outre, toutes ces campagnes viennent en appui d'un programme de prévention ou de lutte plus général. La plupart fournissent des éléments non seulement sur les risques, mais également sur ce qui est entrepris pour lutter contre. Enfin, les commanditaires semblent avoir privilégié des programmes ambitieux dans le cadre d'une institution gouvernementale.

SUCCÈS ET ÉCHECS DE CAMPAGNES EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Sur le territoire néo-calédonien, un certain nombre d'initiatives visant à informer sur le problème des espèces envahissantes a déjà été entrepris (dépliants en province Sud, page web sur le site de la province Nord), mais il ne s'agit pas encore de campagnes d'information à grande échelle. En revanche, d'autres risques ont fait l'objet de telles campagnes. Leur réussite ou leur échec permettent de tirer un certain nombre de conclusions. En particulier, comme dans les exemples précédents, il semble que l'information ait

amplifié l'efficacité de programmes bien conçus. À l'inverse, elle n'a guère eu d'impact lorsque le programme comportait trop de lacunes.

Par exemple, les nombreuses campagnes d'information et de sensibilisation sur les feux de brousse menées depuis une quinzaine d'années semblent mettre en évidence leurs limites lorsqu'elles sont conduites isolément, c'est-à-dire en l'absence d'un véritable programme de gestion du risque incendie. Il apparaît, en effet, au travers d'une étude socio-économique menée en province Sud que les habitants sont pourtant conscients du problème et que leur implication est réelle. Mais le diagnostic établi par les écogardes révèle que parmi les causes de départ de feu, certaines sont liées à des motivations économiques (protection des cultures contre les cochons, rabattage du gibier) et surtout à des défaillances du système d'alerte et de lutte (pas de numéro gratuit où appeler...). Ce constat suggère l'idée selon laquelle l'information ne sera efficace que si elle s'inscrit dans un programme apportant réellement des solutions aux questions évoquées.

En revanche, la campagne contre la dengue fut une réussite. Échaudées par une première épidémie en 2003 (17 personnes étaient mortes), les autorités sanitaires se sont inquiétées début 2004 : les conditions d'une reprise de l'épidémie étaient réunies. Le seul moyen de lutte possible était le contrôle des moustiques vecteurs dans les zones concernées et l'élimination des gîtes larvaires. Ces derniers étant innombrables, il fallait obtenir la participation du public. La campagne a consisté en une journée de mobilisation générale, à l'initiative du gouvernement, sur l'ensemble de la Nouvelle-Calédonie : actions médiatiques, distribution de matériel (sacs anti-dengue de 100 litres avec mode d'emploi). L'objectif était de combattre la passivité des individus. Résultat : une chute spectaculaire des indices dans tous les quartiers. La simplicité du message (tant sur l'enjeu de la campagne que sur le comportement à adopter) et son caractère ponctuel et collectif sont sans doute des éléments qui ont contribué au succès de cette campagne.

La question de la gestion de l'eau dans les îles Loyauté a elle aussi fait l'objet d'une campagne de sensibilisation. Celle-ci s'inscrivait dans un vaste programme visant à préserver les réserves. L'objectif était d'apprendre aux populations à concilier projets de développement et gestion des ressources en eau. Pendant trois ans, un travail considérable a été effectué (enquêtes sur les perceptions de l'eau, mobilisation de tous les relais d'information, programmes pédagogiques, formations pour les personnels des services techniques).

Cette campagne a elle aussi réussi, les services techniques et la population s'étant réellement appropriés les outils et les méthodes d'aide à la décision.

En ce qui concerne le *bunchy top*, la campagne menée a échoué à convaincre la population que son éradication *via* la destruction des souches contaminées était dans leur propre intérêt et qu'« elles n'avaient rien à y perdre » (voir p. 70). L'objectif était d'obtenir la participation de la population pour éradiquer ce virus des bananiers. Selon l'étude de terrain en cours, il semble que l'échec ne s'explique ni par une mauvaise diffusion du message (plus de 90 % avaient lu ou entendu parler de la campagne, dont 80 % par la télévision), ni par des spécificités ethniques. En revanche, certains témoignages mettent en lumière la faible confiance d'une partie de la population pour les Pouvoirs publics. Ainsi, les habitants de squats pensaient, par exemple, que la mesure visait à les obliger à acheter leurs bananes sur les marchés plutôt qu'à pratiquer l'autoconsommation, au profit des agriculteurs.

QUELQUES RECOMMANDATIONS

Les spécificités du contexte néo-calédonien tiennent notamment à son organisation institutionnelle, à ses caractéristiques géographiques et à ses particularités culturelles. Au plan institutionnel, les compétences en matière d'environnement sont essentiellement dévolues aux trois provinces depuis les accords de Matignon. En l'absence d'instance nationale en charge de ces questions, il manque une structure dotée de fonds suffisants pour mettre en place un programme d'envergure. Au plan géographique, les liaisons entre les îles (toutes dépendantes de leurs échanges avec la Grande Terre) nécessiteraient une information ciblée. Au plan culturel et linguistique (28 langues vernaculaires – plus ou moins usitées – plus les langues des communautés immigrées), il faudrait trouver le moyen d'atteindre toutes les populations concernées (la plupart des médias diffusent en français), d'autant que certaines d'entre elles, installées récemment, entretiennent de nombreux contacts avec leur pays d'origine, ce qui peut favoriser l'entrée d'espèces allochtones. La posture de ces communautés vis-à-vis de ces espèces peut être très différente.

Il pourrait être utile que les trois provinces montent une structure commune en charge des questions environnementales. Cette structure impli-

querait les associations implantées sur le terrain, les institutions de recherche locales et les industriels. Dans ce contexte, une campagne de sensibilisation devrait s'appuyer sur l'identification des points critiques en matière de risques invasifs, sur l'identification des groupes cibles, et sur la conception des messages. Un travail de terrain devrait être également mené sur les perceptions et les croyances, et sur les relais crédibles d'information. Une multitude de moyens de communication existent : des images ayant une signification pour chaque groupe cible, les transports intérieurs de passagers, les fêtes locales, etc.

Suggestions et recommandations³

L'archipel néo-calédonien est fortement dépendant de l'extérieur pour la fourniture de produits alimentaires frais ou déjà élaborés. Par ailleurs, le développement des filières minières et, d'une manière générale, les échanges commerciaux et les flux touristiques font intervenir des partenaires situés sous tous les climats de la planète. L'archipel est donc exposé à des introductions fortuites, ou volontaires, d'espèces allochtones très diverses. Certaines d'entre elles peuvent à tout moment se révéler envahissantes avec des conséquences dramatiques pour l'environnement. Compte tenu de la richesse spécifique de l'archipel et du taux élevé d'endémicité, des phénomènes d'envahissement se traduiraient par une banalisation de la flore et de la faune qui dégraderait gravement la qualité des paysages. Les recommandations qui suivent n'épuisent évidemment pas le sujet, les autres étant déclinées au fur et à mesure des chapitres précédents. Celles présentées ici nous semblent les plus urgentes et/ou les plus simples à mettre en œuvre.

Dans cette étude, le caractère plus approfondi de l'analyse des vertébrés découle directement du nombre et de la qualité des informations publiées sur ces espèces. En l'état actuel des connaissances, la même analyse ne pouvait être réalisée sur les plantes ou sur les invertébrés, en raison du manque de données et de références à leur sujet dans la littérature scientifique.

Accumuler les données

Saisir à l'avenir toutes les occasions pour combler les lacunes de connaissances sur les espèces allochtones introduites en Nouvelle-Calédonie, notamment sur les espèces végétales et les invertébrés. La production de fiches sur les espèces dont l'introduction doit à tout prix être évitée a été réalisée pour les plus importantes d'entre elles. Il est conseillé d'utiliser ces données et de compléter au fur et à mesure les listes d'espèces potentiellement envahissantes, notamment au vu des diverses listes internationales existantes.

³ Ce chapitre est un résumé du texte de la coordination scientifique, disponible dans son intégralité sur le CD-ROM joint.

LE DISPOSITIF DE QUARANTAINE

Le dispositif législatif néo-calédonien de surveillance et de contrôle ne permet qu'une prise en compte théorique partielle de la problématique des espèces envahissantes. Il est notamment mal adapté au traitement de l'ensemble des problèmes liés aux espèces envahissantes. Par ailleurs, il n'existe pas de dispositif suffisamment cohérent d'instruction et d'intervention sur ces problèmes. Les principales lacunes viennent de l'absence d'un laboratoire d'identification phytosanitaire et d'une station de quarantaine permettant de contrôler l'introduction d'espèces jugées utiles. La mise en place de ce laboratoire apparaît comme la priorité numéro un. Elle doit s'accompagner d'une formation d'agents compétents. Cela suppose un investissement financier significatif.

Quelle infrastructure d'instruction et d'intervention ?

- Créer et équiper la composante phytosanitaire du laboratoire de la Davar et lui donner des moyens pour améliorer son efficacité. Ce laboratoire pourra alors réellement sécuriser les opérations de contrôle phytosanitaire et sera également apte à traiter le problème des espèces envahissantes.
- Mettre en place une quarantaine végétale pour sécuriser toute introduction volontaire acceptée.
- Parmi les autres améliorations possibles : modifier les textes de manière à pouvoir étendre le contrôle phytosanitaire à des produits qui y échappent à ce jour, en raison de leur codification douanière (emballages en bois, cartons ondulés...), et qui sont des abris possibles pour des insectes du type des blattes.

RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

La prise en compte formelle et organisée du problème des espèces envahissantes demande un travail de coordination. Aujourd'hui, les responsabilités en matière d'environnement sont partagées entre les autorités territoriale et provinciale. Il est essentiel qu'une coordination générale soit établie entre tous les acteurs du dossier environnemental.

Comment coordonner la lutte contre les espèces envahissantes ?

Une petite structure de travail, réunissant les responsables au niveau du territoire et des provinces pour les questions environnementales, devrait être formalisée selon une structure de type Groupement d'intérêt scientifique (GIS), par exemple. Elle aurait pour mission de faire des propositions qui soient à la fois pertinentes pour toute question environnementale et cohérentes avec les diverses situations de l'archipel néo-calédonien. Elle aurait également à mettre en œuvre, sur le terrain, les dispositions décidées en commun et à établir des liens avec les réseaux du Pacifique, en particulier sur les espèces envahissantes.

Au niveau territorial et provincial, il est nécessaire d'aménager certains textes réglementaires, voire d'en élaborer de nouveaux. Dans le cas de demandes d'introductions volontaires d'espèces supposées répondre à un besoin identifié (agriculture, horticulture, chasse, animaux de compagnie), le mieux est d'adopter un principe de précaution (« tout ce qui n'est pas permis est interdit ») et d'établir une liste positive ouverte, complétée au fur et à mesure des analyses de risques liées aux demandes d'introduction d'espèces étrangères, quel qu'en soit le motif. Dans le cas des importations de tous types, à la faveur d'activités commerciales ou touristiques, il convient de les sécuriser au maximum, étant entendu qu'il est hors de question d'interdire ces mouvements, indispensables au développement économique de l'archipel.

Pistes pour une réglementation adaptée aux espèces envahissantes

- Adopter un principe d'examen préalable de chaque filière d'importation en réalisant une analyse coût/bénéfice (ou toute autre analyse alternative), laquelle fondera le cadre réglementaire et technique de suivi du risque accepté.
- Adopter une liste négative ouverte comprenant les organismes de quarantaine, du point de vue espèces envahissantes.
- Mettre en place un programme de vigilance et d'alerte, en s'appuyant sur les systèmes régionaux diffusant des listes d'alerte.
- Adopter un principe de responsabilité de l'importateur ou de l'exploitant, chaque fois qu'il obtient par délégation la franchise d'effectuer lui-même les détections et les surveillances.
- Lier toute nouvelle installation à la réalisation d'une station de surveillance de la biodiversité en effectuant un point zéro : le but est de disposer, pour ce point, d'un inventaire de la biodiversité, avec un degré d'exhaustivité acceptable compte tenu des moyens disponibles.

Quant à la surveillance aux points d'entrée en Nouvelle-Calédonie, elle doit s'exercer de manière différenciée aux frontières externes et aux frontières internes. Dans le premier cas, les inspections douanières déterminent les marchandises nécessitant un traitement par les agents phytosanitaires, comme cela existe actuellement. Dans le deuxième cas, il faut tenir compte des situations des trois entités de l'archipel. La Grande Terre concentrant la plupart des espèces allochtones, à la différence des autres îles habitées, il convient d'établir un contrôle efficace et acceptable au niveau des transferts inter-îles, à l'instar des pratiques en cours à Tahiti. Néanmoins, quelle que soit la vigilance, il faut savoir que les contrôles aux frontières ne seront jamais suffisants. La force d'un système de prévention repose sur la mise en œuvre d'un réseau de bio-surveillance efficace.

Le réseau de bio-surveillance devrait s'articuler autour de plusieurs dispositifs complémentaires

- Des stations de surveillance de la biodiversité, établies pour témoigner de l'état de la biodiversité avant toute installation industrielle, minière ou commerciale (touristique en particulier).
- Des stations écologiques implantées en fonction de leur représentativité des ensembles écologiques de l'archipel.
- Un programme de surveillance assuré, d'une part par des agents identifiés (au niveau territorial et provincial) pour les visites de terrain et les prises d'échantillons éventuelles, d'autre part par des scientifiques mobilisés pour les examens de laboratoires (personnels de la Davar ou des instituts de recherche présents dans l'archipel). D'où la nécessité de renforcer le personnel actuel, affecté à ce type d'opérations.
- Un organisme (ou une personne) clairement identifié(e) pour animer ce réseau.

Il reste qu'aucun système de bio-surveillance ne peut conduire à un risque zéro. Il est donc fondamental d'intervenir le plus tôt possible en cas d'alerte sur une éventualité d'envahissement. Dans un premier temps, on pourra tenter l'éradication ou, à défaut, mettre en place un programme destiné à contrôler le développement de l'espèce concernée.

Comment répondre aux cas d'urgence ?

- Mobiliser les moyens publics mais aussi privés (en particulier les associations naturalistes volontaires, dans le cadre d'un programme financé au niveau territorial et provincial, et des bailleurs de fonds comme l'Union européenne, WWF...).
- Mettre en place un programme d'éradication, sous certaines conditions, pour les espèces potentiellement invasives et pour les espèces envahissantes encore faiblement développées.
- Mettre en place un programme de lutte visant à contenir le développement des espèces trop fortement installées.

Enfin, l'implication des populations concernées est une condition nécessaire de réussite pour toute opération de lutte contre les espèces envahissantes, et plus généralement de protection du patrimoine. En dépit du peu d'études publiées à ce jour sur l'impact des campagnes de communication, quelques points importants valent d'être soulignés pour la réussite de telles campagnes, en particulier sur le choix des groupes cibles.

Comment impliquer les populations ?

- Une campagne d'information doit s'inscrire dans le cadre d'une stratégie de lutte bien définie.
- Le bon choix des groupes cibles est primordial : par exemple, les ouvriers qui se succéderont, en ce qui concerne les risques liés aux entreprises minières.
- Une évaluation de l'impact doit être réalisée en cours de campagne, et à son terme, afin d'en analyser les causes de succès ou d'échec.
- Une campagne de formation précoce et systématique pourrait être organisée en direction des scolaires (comme cela a déjà eu lieu en province Sud).

COMMENT FINANCER LA LUTTE CONTRE LES ESPÈCES ENVAHISSANTES

Plusieurs possibilités existent pour dégager des ressources susceptibles de contribuer à la mise en œuvre des suggestions évoquées précédemment :

- une taxe affectée à la protection de l'environnement qui pourrait concerner les produits à l'importation (en fonction du volume des échanges), et qui pourrait être prélevée pour une autre part sur la taxe du foncier bâti, et/ou porter sur les transports aériens... ;

- une contribution directe des responsables de projets touristiques et/ou de nouveaux industriels, pour la mise en place d'analyses coûts/bénéfices et d'opérations de surveillance environnementale ;

- un recours aux dotations de l'assemblée territoriale et des organes de décision des provinces ;

- des demandes ciblées aux bailleurs de fonds internationaux ou mondiaux (l'Union européenne, au travers par exemple du projet net-biome du 6^e PCRD, le Fonds pour l'environnement mondial...).

Une autre piste consiste à concevoir une véritable politique de développement fondée sur : la protection du patrimoine naturel, la valorisation de cette richesse, et l'installation de parcs naturels protégés, à l'instar de nombreux autres pays qui ont développé le tourisme vert. L'archipel néo-calédonien, *hot spot* de la biodiversité, possède en effet une très grande variété de paysages et d'espèces vivantes endémiques. Il a donc la possibilité de développer intelligemment le tourisme vert. Dans une telle perspective, il faut concevoir un projet d'ensemble pour l'archipel, fondé du point de vue financier sur la constitution d'un fonds pour l'environnement. L'abondement de ce fonds pourrait se faire par différentes voies :

- l'institution de taxes, ou d'un système d'aides, à partir de prélèvements sur le produit d'activités économiques, directement intéressées ou impliquées par la qualité de l'environnement ;

- des contributions volontaires, ou instituées, en provenance des projets industriels menaçants pour l'environnement.

Il faut pour cela une volonté politique, un opérateur institutionnel dynamique, un projet structuré et ambitieux conduisant à la mise en place d'un réseau d'aires protégées et exploitées intelligemment, à l'image de ce qui se fait ailleurs (Costa Rica...). Un tel projet est générateur de devises et d'emploi.

LES RECOMMANDATIONS EN BREF

Recommandations	Exigences	Solution et coût
Établir des listes noires ou grises	Disposer du nom scientifique des espèces	Consultation des sites web dédiés
Créer la composante phytosanitaire du laboratoire de la Davar	<ul style="list-style-type: none"> – Laboratoire de 70 m² environ (électricité, eau, gaz, meuble, placard, paillasse...) Équipement (optique, autoclave, verrerie, petit matériel, produits de laboratoire, livres de détermination, ordinateur, liaison internet...) – Personnels : 1 ingénieur, 2 techniciens 1 véhicule 	<ul style="list-style-type: none"> – Coût à évaluer sur place (équivalent en France : 50 000 € environ pour fonctionnement annuel) – Première priorité : ce chiffre pourra être doublé si l'on décide de prendre en compte correctement les analyses de risques
Construction d'une quarantaine	<ul style="list-style-type: none"> – Parcelles protégées et surveillées – Serre S 2/3 (<i>insect proof</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> – Coût à évaluer sur place – Le coût d'un équipement semblable en France peut aller de 50 000 à 150 000 € selon les exigences d'isolement
Formations à la détermination et à l'analyse de risques		
Mise en place d'un réseau de surveillance	<ul style="list-style-type: none"> – Stations de surveillance (1 par implantation à risque) – Stations écologiques (1 par site caractéristique) – Ceci demande pour la surveillance et les contrôles aux frontières internes : 2 agents pour les îles 3 agents pour la Grande Terre 	<ul style="list-style-type: none"> – Les agents doivent pouvoir être mobilisés dans toutes les parties du territoire. Ils doivent être conduits par la même organisation et former une équipe pour d'évidentes raisons d'efficacité collective – Ce nombre peut être amené à augmenter par la suite

Recommandations	Exigences	Solution et coût
Un programme d'intervention rapide (urgence) et de traitement des espèces déjà présentes	Établissement d'un fonds de protection de l'environnement permettant d'organiser et de sous-traiter éventuellement les opérations d'éradication ou de contrôle	L'assiette de ce fonds dépend de l'engagement du pouvoir politique : taxes sur les opérations industrielles ou commerciales ayant une incidence ou dépendantes de la qualité de l'environnement
Campagnes d'information ou de communication	<ul style="list-style-type: none"> – Objectif défini – Indicateurs de suivis définis – Analyse et synthèse finale – Rédaction et publication 	Financement par le fonds d'intervention et par les partenaires

Annexes

Cahier des charges de l'Expertise collégiale

INTRODUCTION

L'archipel néo-calédonien possède des spécificités dont il faut tenir compte dans chacune des contributions à l'expertise (insularité, climat subtropical, diversité culturelle, situations différentes selon les provinces, situation institutionnelle, 0,5 % de la biodiversité mondiale).

Éléments de contexte

- a. Mobilisation régionale et internationale sur le sujet des espèces envahissantes (initiatives des collectivités territoriales, des chercheurs, de l'UICN, positionnement de la Nouvelle-Calédonie (NC) par rapport à la stratégie régionale Pacifique Sud, projet d'insertion de la NC dans le plan national de la biodiversité...).
- b. Heurts et malheurs des introductions.
- c. Réalité du contrôle sanitaire aux frontières, insuffisance du contrôle des risques environnementaux.

Périmètre de l'analyse

- a. Définition retenue par les commanditaires : « une espèce envahissante est une espèce exogène (allochtone, exotique, importée) dont l'introduction, volontaire ou fortuite, mais surtout la prolifération dans des milieux naturels ou semi-naturels provoque, ou est susceptible de provoquer, des nuisances dans l'archipel calédonien ». Cette définition exclut donc du champ de l'expertise des espèces locales qui développeraient un caractère envahissant (niaoulis, loriquets,...). Elle met l'accent sur le caractère incontrôlable ou difficilement maîtrisable de sa prolifération (adaptée de la définition de l'UICN).
- b. Limitation au milieu terrestre, dont les eaux douces.
- c. En ce qui concerne les agents pathogènes, limitation aux vecteurs biologiques.

OBJECTIF EXPERTISE COLLÉGIALE (EC)

Apporter des éléments constitutifs d'un système de bio-sécurité pertinent et efficace pour l'archipel néo-calédonien, à partir d'une analyse scientifiquement fondée :

- des systèmes de bio-sécurité des pays de la zone Pacifique sud ;
- des risques liés à l'introduction et à la prolifération d'espèces allochtones en Nouvelle-Calédonie.

QUESTIONNEMENT DE L'EXPERTISE COLLÉGIALE

Aspects biologiques

a. Analyse de la situation des espèces envahissantes (EE) présentes et susceptibles d'entrer en NC : inventaire.

b. Typologie des risques potentiels (analyse critique des critères de classement et de hiérarchisation, analyse des voies d'entrée, évaluation des risques) permettant d'établir des listes positives pour la Nouvelle-Calédonie.

c. Cahier des charges d'une introduction autorisée.

d. Analyse critique des éléments techniques dans la prise en compte des systèmes de bio-sécurité (prévention, surveillance, éradication, contrôle).

e. Définition des outils permettant l'évaluation de l'impact environnemental : applicabilité au contexte des EE et des différents contextes écologiques néo-calédoniens.

Aspects socio-économiques et réglementaires

a. Analyse de la communication sur le risque lié aux EE (ou sur un thème comparable).

■ Étude de deux campagnes de communication permettant la prise en compte de certaines des spécificités néo-calédoniennes (insularité, diversité culturelle...). L'une de ces 2 campagnes doit avoir fait l'objet d'une étude d'impact.

■ Construction d'une grille d'analyse de terrain applicable en NC (vecteurs d'information, perception et acceptabilité des risques, conditions de réussite ou d'échec de la mise en place d'un dispositif collectif).

b. Étude comparée de quelques dispositifs juridiques et réglementaires utilisés en zones insulaires.

■ Mise en évidence des caractéristiques essentielles d'un système de bio-sécurité (structure, coordination, fonctionnement, coût, gestion de crises) en tenant compte à la fois du contexte institutionnel de la Nouvelle-Calédonie et des interactions NC vs extérieur, mais également des relations inter-provinciales.

■ Mode de financement.

c. Analyse des critères de construction d'une étude coût/bénéfice appliquée au risque environnemental, adaptée à chacune des EE et aux différents contextes écologiques (Grande Terre et îles Loyauté).

Conditions d'efficacité d'un système de bio-sécurité néo-calédonien

a. Réactivité/inertie.

b. Partage/regroupement des compétences (technique, missions, financement).

c. Plans d'urgence.

Faisabilité d'une étude prospective sur scénarios

a. Simulation d'une introduction (fourmi de feu) et d'une prolifération (miconia) d'EE sur la Grande Terre et sur les îles Loyauté.

b. Étude coût/bénéfice.

Pour cette étude, il faut impérativement un expert local référent pour chacun des cas.

PLAN DE TRAVAIL DU COLLÈGE D'EXPERTS

Inventaire

Question 1 : Les îles de Nouvelle-Calédonie sont-elles toutes affectées de façon comparable par les invasions biologiques ? Question abordée à travers l'analyse de quelques groupes taxonomiques.

Question 2 : Quelles sont les espèces potentiellement envahissantes (végétales ou animales) faisant courir un risque environnemental majeur pour l'archipel néo-calédonien ?

Évaluation des risques et des conséquences (environnementales et socio-économiques) des introductions volontaires ou non

Question 3 : Pour les espèces décrites comme menaçantes à la « question 2 », quelles caractéristiques locales (de l'environnement, du système de surveillance) doit-on identifier comme essentielles pour évaluer la probabilité d'invasion dans le contexte néo-calédonien ? Il s'agira de présenter la succession d'événements conduisant à un envahissement du milieu (importation volontaire ou non, installation, propagation durable, etc.) et de mettre en lumière les points de contrôle possibles associés à chaque étape du processus d'invasion.

Note : tenir compte de la situation particulière (en « bout de chaîne ») des îles de l'archipel dans leurs relations avec la Grande Terre.

Question 4 : Comment évaluer les conséquences probables sur l'environnement d'une introduction non maîtrisée, à partir de cas d'invasions connus et documentés dans le Pacifique. Exemples : le rat noir (province des îles Loyauté), la fourmi de feu, le miconia (Tahiti).

Question 5 : Analyse des méthodes usuelles de valorisation des biens environnementaux comme biens publics (services non-marchands). Différencier ensuite les différents types de coûts associés aux espèces envahissantes : coûts directs, perte de biodiversité, coûts de prévention et de contrôle. Discuter des options envisageables (à partir de la littérature) en terme de partage de ces coûts entre les parties prenantes (entreprises, collectivités, transporteurs, consommateur final, etc.).

Note : tenir compte de la situation particulière (en « bout de chaîne ») des îles de l'archipel dans leurs relations avec la Grande Terre.

Question 6 : Sur quelles bases, et de quelles manières, conduire une analyse coût/bénéfices intégrant différents scénarios d'introduction, et permettant d'appuyer une politique de contrôle raisonnée ? Discuter de la façon dont une telle analyse pourrait être appliquée à la décision d'autoriser l'importation d'une espèce potentiellement envahissante, telle que la fougère arborescente d'Australie (plante ornementale).

Analyse critique des mesures de contrôle et des méthodes d'intervention

Question 7 : Quels sont les éléments d'un système de détection et de surveillance après l'introduction ? Peut-on en évaluer l'efficacité ?

Question 8 : Dans la situation où elles expriment actuellement ce potentiel, quelles sont les mesures d'éradication ou de gestion qui ont déjà été prises (ou expérimentées) ? Peut-on en évaluer l'efficacité ?

Question 9 : Compte tenu de toutes ces informations, peut-on établir un tableau des risques encourus par la Nouvelle-Calédonie ?

Biosécurité, analyse et propositions

Question 10 : Analyser la pertinence de quelques systèmes de biosécurité des espèces envahissantes mis en place par quelques pays de la zone du Pacifique. Quelles en sont les caractéristiques techniques, juridiques, organisationnelles ?

■ Par quels critères ou de quelles manières pourrait-on apprécier, pour chacune des espèces candidates, l'aptitude à devenir envahissante ?

■ Dans les îles du Pacifique, où les EE sont encore absentes, quelles mesures ont été mises en place pour prévenir leur introduction ? Peut-on analyser leur pertinence et leur efficacité ? Cas d'étude : insectes (Hawaï).

■ Les propositions doivent tenir compte des différentes voies d'entrée possibles dans chacune des entités constituant l'archipel néo-calédonien.

Question 11 : Analyser de la même manière le système néo-calédonien.

Question 12 : Faire toutes les suggestions portant sur la pertinence, la cohérence, la structure et le fonctionnement de ce système.

Communication sur le risque

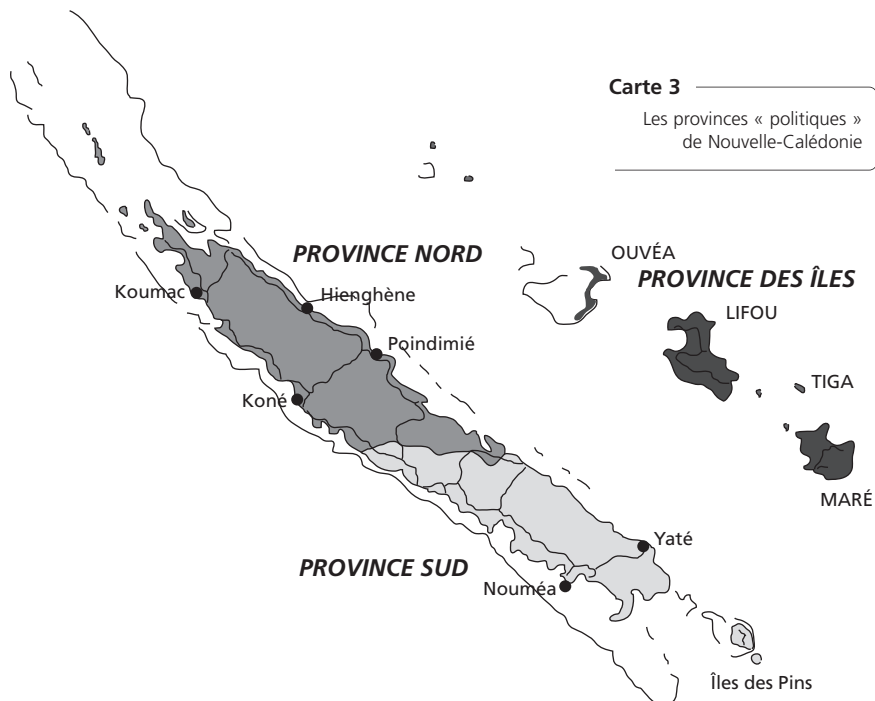
Question 13 : Présentation rapide des avantages et des inconvénients comparés des campagnes de communication et de formation, par rapport à des instruments réglementaires, dans un contexte de réduction des risques environnementaux. Analyse des conditions d'efficacité de campagnes différenciées, selon les avertissements diffusés : populations ciblées, vecteurs de diffusion, relais de l'information mobilisés.

Question 14 : Présenter les objectifs de campagnes de communication et de sensibilisation aux risques liés aux espèces envahissantes, notamment dans le Pacifique. Préciser les modalités de mise en place et les performances, le cas échéant, de campagnes différenciées (par site, zone géographique), ainsi que la prise en compte des aspects culturels et communautaires.

Question 15 : Analyser deux campagnes de communication en Nouvelle-Calédonie visant à sensibiliser la population à risques environnementaux ou sanitaires, et en tirer des conclusions pour les spécificités néo-calédoniennes. L'une des deux études doit avoir fait l'objet d'une étude d'impact.

Question 16 : En fonction des différents éléments présentés aux questions 13, 14 et 15, construire une grille d'analyse permettant de mettre en place une analyse de terrain en Nouvelle-Calédonie. Cette analyse de terrain ne sera pas réalisée dans le cadre de l'expertise. Faire des suggestions sur la façon dont les messages d'information pourraient être structurés afin d'être pertinents en terme d'impact réel (modification des comportements) et par conséquent, de permettre l'implication de la population néo-calédonienne.

LA NOUVELLE-CALÉDONIE ET LES ESPÈCES ENVAHISSANTES



Province Sud

La lutte contre les espèces envahissantes fait partie des grands enjeux identifiés par la province Sud en matière de protection de l'environnement. Cette problématique justifiant la coordination et l'union des efforts des collectivités impliquées, la province Sud a fortement impulsé la constitution d'une structure de coordination et de concertation réunissant les provinces, la Nouvelle-Calédonie et l'État, assistée d'experts scientifiques issus des organismes de recherches implantés en Nouvelle-Calédonie.

La province Sud souhaite aujourd'hui s'impliquer dans un programme opérationnel et coordonné répondant tant aux besoins de protection et qu'à la mise en place de moyens de lutte contre les espèces envahissantes.

C'est pourquoi elle a souhaité, aux côtés des autres collectivités de Nouvelle-Calédonie, disposer d'un état des connaissances en la matière, par le biais de la mise en œuvre de cette expertise collégiale.

Par ailleurs, elle s'implique d'ores et déjà sur le terrain. La province Sud a financé des programmes d'éradication des rats sur les îlots afin de protéger les oiseaux marins et depuis 2005 réalise en régie une action de lutte contre le miconia. De nombreuses études ont été commandées afin de mesurer les impacts des envahissantes sur le milieu naturel (ex : cerfs rusa...) et des supports de communication sont réalisés pour sensibiliser le public aux dangers de certaines espèces (fourmis envahissantes, poissons d'aquarium, tortue de Floride...).

En province Sud, le développement économique du secteur rural pour l'emploi figure parmi les priorités. À cet effet, le code des investissements pour ce secteur a été complètement refondu en 2005 et rassemblé en un seul document simplifié voté à l'unanimité par l'assemblée de Province. Il repose sur un zonage afin de favoriser l'implantation agricole dans les communes de l'intérieur, sur les périmètres irrigués, les terres coutumières et des surprimés en fonction de la nature des porteurs de projets (jeunes, coopératives) ou du statut des filières (prioritaire, ouvert, saturé). En parallèle à ce nouveau code, la direction du développement rural a été réorganisée autour de trois missions principales que sont l'appui technique et le conseil de gestion aux agriculteurs, la conduite d'études pour assurer le développement local et la gestion des aides. Ces objectifs s'inscrivent dans le souci d'un développement respectueux de l'environnement et de la santé publique puisque la production biologique intégrée des végétaux, les mises aux normes sanitaires et environnementales font partie des itinéraires techniques financièrement soutenus par la province.

Province Nord

Bien que plus éloignée des circuits de « contamination » potentiels par les espèces envahissantes, la province Nord est soucieuse des phénomènes d'envahissement biologique, aussi bien végétal qu'animal. En effet, sa faible densité de peuplement implique également que l'espace est moins étroitement surveillé, et donc propice au développement « discret » de phases d'installation d'espèces envahissantes.

En outre, la ruralité étant la règle en province Nord, une bonne partie de la population vit dans des proportions diverses (et de façon commerciale ou vivrière) de l'agriculture, de la chasse et de la cueillette. La monopolisation de l'espace par les espèces envahissantes ou les effets néfastes – directs ou indirects – sur l'aptitude des terres à être exploitées a donc un impact direct et immédiat sur la qualité de vie des habitants de la province.

L'impact des rongeurs, notamment sur l'avifaune et l'herpétofaune, la lutte contre les mammifères introduits (animaux féroces, cerfs et cochons) constituent des questions sur lesquelles la province Nord envisage ou a d'ores et déjà entamé des opérations.

Les invasions biologiques ne connaissant pas les limites administratives de l'homme, et ce dernier constituant de plus en plus le vecteur principal de dissémination, la question des espèces envahissantes devient une question centrale de la protection de notre patrimoine naturel et de notre qualité de vie.

Province des îles Loyauté

L'Exécutif de la province des îles Loyauté, en 2001, a validé le schéma directeur recommandant l'orientation vers l'agriculture et l'élevage respectueux de l'environnement afin de préserver la qualité de la lentille d'eau douce.

Cette orientation est à la fois d'intérêt humain, social et écologique. Depuis, la province des îles Loyauté s'est attachée à ce que l'ensemble des outils de développement mis en place, à savoir, la formation, la recherche et l'installation des producteurs, s'orientent vers cette politique. L'ensemble de la population loyaltienne, et notamment celle de Lifou et Maré, est consciente de la fragilité de la qualité de la lentille d'eau douce du fait qu'elle la consomme. Des budgets importants sont consacrés à la mise en oeuvre concrète des actions respectueuses de l'environnement. Non seulement, les îles Loyauté possèdent une double insularité, mais le fait de s'être orienté vers ce type de développement durable et écologique les rend d'autant plus fragiles à toute introduction accidentelle d'espèces envahissantes. La problématique de l'introduction d'espèces envahissantes doit de fait, à la fois prendre en compte la fragilité des écosystèmes mais également intégrer les orientations de développement et l'organisation des agro-systèmes loyaltiens.

Gouvernement de Nouvelle-Calédonie

La Nouvelle-Calédonie dispose d'un statut sanitaire particulièrement favorable, de productions agricoles générant des ressources significatives au monde rural, ainsi que d'une biodiversité dont la richesse et l'endémisme sont mondialement reconnus.

Face aux défis et aux enjeux que représentent les espèces envahissantes, le gouvernement soutient l'initiative des provinces pour la réalisation d'une expertise collégiale sur les espèces envahissantes en Nouvelle-Calédonie. Les productions attendues devront permettre aux collectivités, chacune dans son champ de compétence, de mieux s'organiser et de se structurer, pour mener des opérations raisonnées et concertées, visant à prévenir l'introduction des espèces envahissantes, voire le cas échéant, à lutter contre leur expansion.

Dans le cadre des compétences dévolues à la Nouvelle-Calédonie par l'Accord de Nouméa, le gouvernement s'engage d'ores et déjà à adapter ses règles de bio-sécurité à l'évolution des flux d'échanges contemporains. Ce renforcement des mesures sanitaires aux frontières, vise la préservation du statut sanitaire de l'archipel, contribuant à prévenir l'introduction des espèces envahissantes, et par là même à préserver les atouts économiques et naturels de la Nouvelle-Calédonie.

Les provinces, collectivités compétentes en matière de développement et d'environnement, ont un rôle majeur à jouer dans la mise en œuvre d'un dispositif d'actions concerté et partenarial, puisqu'elles sont organisées de manière à effectuer des missions à un niveau local.

Présentation du collège d'experts

ALAIN COLENO

Bureau des ressources génétiques
16 rue Claude-Bernard - 75231 Paris cedex 05
alain.coleno@wanadoo.fr

MARC DELOS

Direction régionale de l'agriculture et de la forêt
Services régionaux de la protection des végétaux
Boulevard A. Duportal – Cité Administrative Bâtiment A
31074 Toulouse cedex
Marc.delos@agriculture.gouv.fr

ESTELLE GOZLAN

Inra/INA-PG - Économie publique
BP 01 - 78850 Grignon
Esgozlan@grignon.inra.fr

HERVÉ JOURDAN

IRD – UMR 022 CBGP (Centre de biologie et gestion des populations)
Laboratoire zoologie appliquée
BP A5 - 98848 Nouméa cedex - Nouvelle-Calédonie
Herve.jourdan@noumea.ird.nc

JEAN-CLAUDE LEFEUVRE

Museum national d'histoire naturelle
ERT Biodiversité fonctionnelle et gestion des territoires
Campus de Beaulieu - Avenue du Général Leclerc - CS 74205
35042 Rennes cedex
Jeanclaudelefeuvre@wanadoo.fr

LLOYD LOOPE

US Geological Survey - Pacific Island Ecosystems Research Center
Haleakala Field Station
P.O. Box 369 Makawao - Maui, Hawaiï 96768 USA
Lloyd-loope@usgs.gov

JEAN-YVES MEYER

Délégation à la recherche de la Polynésie française
BP 20981 Papeete
Tahiti - Polynésie française
Jean-yves.meyer@recherche.gov.fr

MICHEL PASCAL

Inra – Équipe « Gestion des populations invasives »
Station Scribe
Centre Inra de Rennes - Campus Beaulieu
35 042 Rennes cedex
Michel.pascal@rennes.inra.fr

ANDY SHEPPARD

Csiro Entomology
GPO Box 1700
Canberra, ACT 2601 - Australia
Andy.sheppard@csiro.au

ALBAN THOMAS

Inra/Lerna
Université des sciences sociales
21, allée de Brienne - 31000 Toulouse
Thomas@toulouse.inra.fr

DOMINIQUE CHOUCAN

Journaliste
67, rue Maurice Gunsbourg - 94200 Evry-sur-Seine
Chouchan@club-internet.fr

Présentation du comité de suivi

REMY AMICE

Direction des affaires vétérinaire, alimentaires et rurales (Davar)
Service d'inspection vétérinaire, alimentaire et phytosanitaire (Sivap)
Remy.amice@gouv.nc

NICOLAS BARRÉ

Institut agronomique néo-calédonien
Barre@iac.nc

Lionnel BRINON

Province Sud – Développement rural
Lionel.brinon@province-sud.nc

JEAN-JÉRÔME CASSAN

Province Nord – Service environnement
dde-environnement@province-nord.nc

SYLVIA CORNU-MERCKY

Province des îles – Direction des affaires économiques
Mercky@loyalty.nc

VICTOR DAVID

Congrès de la Nouvelle-Calédonie
Vdavid@congres.nc

ANNE-CLAIRE GOARANT

Province Sud – Direction des ressources végétales
Anne-claire.gorant@province-sud.nc

HERVÉ JOURDAN

IRD – UMR 022 CBGP (Centre de biologie et gestion des populations)
Laboratoire zoologie appliquée
BP A5 - 98848 Nouméa cedex – Nouvelle-Calédonie
Jourdan@noumea.ird.nc

FRANÇOIS MADEMBA-SY

Province Sud – Développement rural
Francois.mademba-sy@province-sud.nc

JOSEPH MANAUTÉ

Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
Joseph.manauté@gouv.nc

THIERRY MENNESSON

Institut agronomique néo-calédonien
Tmennesson@iac.nc

ISABELLE OHLEN

Province Sud
Isabelle.ohlen@province-sud.nc

**English
version**

Invasive Species in the New Caledonian Archipelago

A MAJOR ECONOMIC
AND ENVIRONMENTAL HAZARD

Scientific coordinators

Marie-Laure BEAUVAIS, Alain COLÉNO, Hervé JOURDAN

Rapporteur

Dominique CHOUCAN

*The first part of the review (synthesis report and recommendations)
is presented in printed form, first in French and then in English.
The second part (analyses) is present on CD-ROM.*

IRD Éditions

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

collection Expertise collégiale

Paris, 2006

Editorial preparation

Rachel Vincent

Layout

Bill Production

Page makeup, cover and interior

Pierre Lopez

English translation

Harriet Coleman

Coordination

Département Expertise et Valorisation, IRD

Production monitoring

Catherine Plasse

This expert group review was performed at the request of the Government and the New Caledonia authorities (Southern Province, Northern Province and Loyalty Islands) – Institut agronomique néo-calédonien (IAC), acting as agent.

The panel of experts

SCIENTIFIC COORDINATION

Marie-Laure BEAUVAIS (IRD)

Alain COLÉNO, Président (Bureau des ressources génétiques)

Hervé JOURDAN (IRD)

RAPPORTEUR

Dominique CHOUCHAN

MEMBERS

Marc DELOS (Direction régionale de l'Agriculture et de la Forêt - SRPV)

Estelle GOZLAN (Inra)

Jean-Claude LEFEUVRE (Museum national d'histoire naturelle)

Lloyd LOOPE (Pacific Island Ecosystems Research Center, USGS)

Jean-Yves MEYER (Délégation à la recherche - Polynésie française)

Michel PASCAL (Inra)

Andy SHEPPARD (CSIRO Entomology)

Alban THOMAS (Inra)

WITH CONTRIBUTIONS OF

Nicolas BARRÉ (Institut agronomique néo-calédonien)

Fabrice BRESCIA (Institut agronomique néo-calédonien)

Michel DE GARINE-WICHATITSKY (Institut agronomique néo-calédonien)

Thierry FRÉTEY (Association Racine)

Tanguy JAFFRÉ (IRD)

Joël JÉRÉMIE (Museum national d'histoire naturelle)

Philippe KEITH (Museum national d'histoire naturelle)

Olivier LORVELEC (Inra),

Jérôme MUNZINGER (IRD)

Christian MILLE (Institut agronomique néo-calédonien)

PEER REVIEWERS

Bernard CHEVASSUS AU LOUIS (Museum national d'histoire naturelle)

David SIMBERLOFF (Université du Tennessee, EU)

THE FOLLOWING ALSO TOOK PART IN PRODUCING THE EXPERT GROUP REVIEW

Michèle BOUCHEZ (IRD – Département Expertise et Valorisation)

Anne GLANARD (IRD – Département Expertise et Valorisation)

Details of the numerous bibliographical sources underpinning the analyses presented in this synthesis will be found in the analytical chapters, on the CD-ROM.

Contents

Abbreviations	148
Aims and methods of the expert group review	151
Introduction	155
An ancestral practice	155
Useful species and unnecessary species	156
Particularities of New Caledonia	158
International agreements	160
In New Caledonia	162
The expert group review	162

■ *Part one*

Synthesis and recommendations

Invasive species in New Caledonia	167
Definitions	167
A particularly vulnerable group of islands	168
Invasive vertebrates	172
Invasive plants	180
Potentially invasive invertebrates	184
Invasive freshwater species	186
Risks and environmental impacts	189
From introduction to propagation	189
Invasion risk	191
The dangers of laxism	192
One disastrous invasion in New Caledonia	194
Invasion risk in New Caledonia	195
Evaluating economic impacts	199
Costs and benefits of invasive species	199
Cost-benefit analysis method	200

Cost-benefit analysis in New Caledonia	203
Strengths and weaknesses of cost-benefit analysis	206
Alternative methods	207
Suitable method(s) for invasive species	209
Control strategies	211
From detection to surveillance	211
Eradication successes and failures	216
Biosecurity systems	219
Phytosanitary hazards from the national and international standpoints	219
Biosecurity in the Pacific	222
The New Caledonian quarantine system	224
Risk monitoring and management in New Caledonia	226
Communication on invasive species	229
From information to communication	229
Communication campaigns in the Pacific	232
Successes and failures in New Caledonia	234
Suggestions	235
Suggestions and recommendations	237
The quarantine system	238
Environmental hazards	238
Financing invasive species control	241
Summary of recommendations	242



Annexes

Appendix 1 – Specifications of the expert group review	247
Introduction	247
Aims of the review	248
Elements of the review	248
The experts' work plan	249
New Caledonia and invasive species	252
Appendix 2 – The panel of experts	256
Appendix 3 – The monitoring committee	258

■ Part two

*Analytical chapters (CD-ROM)***Question 1 – Are all the islands of New Caledonia affected by biological invasions in the same way?**

– Les invasions biologiques : un risque pour la biodiversité à l'échelle mondiale

JEAN-CLAUDE LEFEUVRE

CD-ROM

– Les plantes envahissantes et potentiellement envahissantes dans l'archipel néo-calédonien : première évaluation et recommandations de gestion

JEAN-YVES MEYER, LLOYD L. LOOPE, ANDY SHEPPARD,

JÉRÔME MUNZINGER, TANGUY JAFFRÉ

CD-ROM

– Les peuplements néo-calédoniens de vertébrés : invasions, disparitions

MICHEL PASCAL, NICOLAS BARRÉ, MICHEL DE GARINE-WICHATITSKY, OLIVIER LORVELEC,

THIERRY FRÉTEY, FABRICE BRESCIA, HERVÉ JOURDAN

CD-ROM

– Les invertébrés introduits dans l'archipel néo-calédonien : espèces envahissantes et potentiellement envahissantes.

Première évaluation et recommandations pour leur gestion

HERVÉ JOURDAN, CHRISTIAN MILLE

CD-ROM

Question 2 – What potentially invasive plant or animal species currently constitute major environmental threats to New Caledonia?

– Les invertébrés menaçants pour l'archipel néo-calédonien : recommandations pour leur prévention

HERVÉ JOURDAN

CD-ROM

– Quelques espèces animales envahissantes aux frontières de la Nouvelle-Calédonie et présentant un risque environnemental majeur

LLOYD LOOPE, MICHEL PASCAL

CD-ROM

Question 3 – For species identified as dangerous under Question 2, which local characteristics (of the environment or of the surveillance system) are crucial for assessing the probability of invasion into New Caledonia?

– Probabilité d'invasion biologique et environnement local

ALBAN THOMAS, ANDY SHEPPARD, ESTELLE GOZLAN

CD-ROM

Question 4 – How can the likely consequences for the environment of an uncontrolled introduction be assessed? Start from cases of known, documented invasions in the Pacific

– Les conséquences d'une politique de non gestion des espèces envahissantes

HERVÉ JOURDAN, LLOYD LOOPE

CD-ROM

Question 5 – Analysis of common ways of profiting from environmental goods as public goods (non-marketable services)

– Impacts de l'introduction d'espèces envahissantes en Nouvelle-Calédonie : aspects méthodologiques pour l'évaluation économique et pistes de réflexion pour un partage efficace des coûts

ALBAN THOMAS, ESTELLE GOZLAN, LLOYD LOOPE

CD-ROM

Question 6 – On what basis and in what way should a cost-benefit analysis incorporating different introduction scenarios be conducted, to provide the basis for a rational control policy?

– Les stratégies d'évaluation des politiques de lutte contre les espèces envahissantes : inconvénients et difficultés de l'analyse coûts/bénéfices, méthodes alternatives de critères de décision

ALBAN THOMAS, ESTELLE GOZLAN

CD-ROM

Question 7 – What are the elements of a system for detection and surveillance after introduction? Can the efficacy of such a system be assessed?

ANDY SHEPPARD, LLOYD LOOPE

CD-ROM

Question 8 – What eradication or management measures have already been taken (or experimented with) that express this potential? Can their efficacy be assessed?

– L'éradication : une mesure de gestion des populations allochtones

LLOYD LOOPE, ANDY SHEPPARD, MICHEL PASCAL, HERVÉ JOURDAN

CD-ROM

Question 9 – Given all the above information, is it possible to draw up a table of the risks for New Caledonia?

ALAIN COLÉNO

CD-ROM

Question 10 – Analyse the relevance of some biosecurity systems already set up in Pacific countries to protect against invasive species. Describe their technical, legal and organisational characteristics

ANDY SHEPPARD, LLOYD LOOPE, MARC DELOS, JEAN-YVES MEYER

CD-ROM

Question 11 – Analyse the New Caledonian system in the same way

– Cas particulier du dispositif néo-calédonien ;
aptitudes à appréhender les espèces envahissantes

MARC DELOS, ANDY SHEPPARD

CD-ROM

Question 12 – Make all possible suggestions regarding the pertinence, consistency, structure and functioning of this system

– Suggestions

ALAIN COLÉNO

CD-ROM

Questions 13-16 – Communicating about the risk

ESTELLE GOZLAN, ALBAN THOMAS , JEAN-YVES MEYER

CD-ROM

Abbreviations

CBA	Cost-Benefit Analysis
CBD	Convention on Biological Diversity
CGAPS	Coordinating Group on Alien Pest Species
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
CRC	Cooperative Research Center for Australian Weed Management
DAE	<i>Direction des affaires économiques</i> , New Caledonia
DAVAR	<i>Direction des affaires vétérinaire, alimentaire et rurale</i> , New Caledonia
DDE-E	<i>Direction du développement économique et de l'environnement</i> , New Caledonia.
DDR	<i>Direction du développement rural</i> , New Caledonia
DRN	<i>Direction des ressources naturelles</i> , New Caledonia
ERMA	Environmental Risk Management Authority, New Zealand
FAO	Food and Agricultural Organization
FRDP	Framework Research and Development Programme (European Union)
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GIS	<i>Groupement d'intérêt scientifique</i> , research investment agency (France)
GISP	Global Invasive Species Programme
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
HDOA	Hawaii Department of Agriculture
HDOA-PQ	Hawaii Department of Agriculture, Plant Quarantine Branch

HIS	Import Health Standards
IAS	Invasive Alien Species
ICPM	Interim Commission on Phytosanitary Measures (FAO)
ICSU	International Council for Science
IPPC	International Plant Protection Convention
IPPC	International Panel on Climate Change
IRA	Import Risk Analysis
ISPMs	International Standards for Phytosanitary Measures
IUCN	International Union for Conservation of Nature
KARA	Kahului Airport Pest Risk Assessment
MAF	Ministry of Agriculture and Forestry (New Zealand)
MISC	Maui Invasive Species Committee
PRA	Phytosanitary Risk Analysis (also Pest Risk Analysis)
RIFA	Red Imported Fire Ant
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment (an ICSU body)
SPM	Sanitary and Phytosanitary Measures
USGS	US Geological Survey
WEF	World Environment Fund
WRA	Weed Risk Assessment
WTO	World Trade Organisation

Aims and méthodes of the expert group review

The IRD (*Institut de recherche pour le développement*) conducts expert group reviews “to order”, to inform policy decisions and public debate on issues of importance to society. Making its scientists’ research and knowledge available to the community is one of the missions of a State-funded research agency.

Their choice of action is eminently political and must take account of data from quite other fields than scientific research. The IRD’s purpose in designing the “expert group review” method is a more modest one: to put together the knowledge available in the literature on a given subject, draw out the implications of that knowledge for a particular case, draw clear conclusions on which there is scientific agreement, identify points that are still controversial and point out any areas where the available information does not provide a basis for drawing practical conclusions.

There are three key points for conducting a useful, reliable review:

- Decisions often have to be taken in a far shorter time than thorough research would allow. Citizens need measures to be taken quickly, sometimes as a matter of urgency. An expert group review is designed to report on existing knowledge as found in the international literature; in principle, no new data are collected and no complicated new use of data is attempted.

- The questions addressed rarely concern only one scientific discipline. All facets of the problem have to be elucidated, including from the most recent literature. The panel of experts therefore has some dozen members from different disciplines. The overall conclusions are debated and agreed collectively, each person taking full responsibility. The IRD’s Consulting and Industrial Liaison Department has the report peer reviewed by qualified persons outside the panel to make sure it covers the field in full, is clear, and accurately reflects the international literature. The experts on the panel have the final decision as to their conclusions.

■ Decision makers and citizens are rarely familiar with the terminology of the scientific disciplines concerned, but for public debate to take place they must have direct access to the scientists' reasoning and conclusions. The authors of the report have to present their analyses using specialised terminology in order to ensure that their reasoning is "traceable", but they must also draw up a simple and fairly concise synthesis report for the lay reader.

These factors determine the schedule set for an expert group review and the form of publication. In particular, they determine the original approach used in the initial and final stages of the review:

■ Even before the panel of experts is formed, the questions to be asked are worked out by common agreement at an initial workshop between scientists and the commissioning institutions (who usually also want to involve stakeholders and partners directly concerned). The parties need to agree exactly on each one's expectations. For example, some questions crucial for decision making are outside the scope of a scientific review and must be excluded. On the other hand, to focus their conclusions, the scientists must be guided by a sound knowledge of the context in which decisions are to be taken.

■ After putting together the data and analyses each expert has drawn from their own sphere of competence, the panel compares and collates their opinions. Their conclusions, worked out collectively, are then published in the form of a synthesis report accessible to a fairly wide readership. The synthesis report has to summarise a huge amount of work of a kind rarely presented in this form, and its scientific and practical scope will often reach far beyond the region or country directly concerned. For this reason the synthesis reports are always published in English as well as French.

This was the method adopted for the review on *Invasive Species in New Caledonia*.

This report is the panel's scientific response to serious questions about biodiversity protection asked by New Caledonia's three provinces.

The specifications drawn up at the initial workshop included a set of twelve questions (see Appendix 1). A panel of ten scientists was formed, chaired by Alain Coléno (see Appendix 2 for the full list of panel members).

As with other publications in the *Expertises collégiales* series, the reader will find the experts' synthesis report and conclusions in book form. In a

pocket in the book's cover is a CD-ROM containing the analytical chapters on which the synthesis report is based.

The IRD Consulting and Industrial Liaison department wishes to convey its sincere thanks the monitoring committee (see Appendix 3) for the consistently thoughtful and carefully-formulated questions it raised as a basis for the experts' investigations.

All our thanks also to the experts. It is not always easy to work and think together on a scientific literature review. Theirs is the glory, as well as the responsibility for the findings.

Special thanks to Alain Coléno who headed the panel with total commitment. Thanks to his generosity and open-mindedness the panel was able to bring their information together coherently.

And to Fabrice Colin, director of the IRD centre in Nouméa, who was kind enough to act as interface between Nouméa and Paris and who always made himself available for the requirements of the review.

Our thanks to all those who contributed to the review and its publication, especially Anne Glanard and Michèle Bouchez.

Lastly, sincere thanks to Bernard Chevassus-au-Louis (Museum national d'histoire naturelle) and David Simberloff (University of Tennessee) for their thorough and competent reading of the review.

Marie-Laure Beauvais

Project supervisor, expert group reviews

Introduction

Every year, an estimated 25,000 to 50,000 species go extinct on the Earth owing to changes caused by human activity. Many international organisations including the World Conservation Union (IUCN) consider biological invasions to be the second most important cause of biodiversity loss worldwide, coming just after habitat destruction. On small islands, where biodiversity is both exceptionally original and exceptionally vulnerable, it is the main cause of species extinction. The New Caledonian archipelago, which has a unique flora and fauna, is no exception. It is one of the ten “hotspots” of tropical biodiversity: the rate of endemism is 75-100% depending on the order or family of plants or animals and some species are found nowhere else on earth.

In an economic context of increasing and increasingly free trade, New Caledonia is at risk of intentional or involuntary introduction of plant or animal species with the potential to become invasive. The risk has increased in recent years, as New Caledonia has become more dependent on imports, of food particularly. A proper assessment of this risk is important if the islands’ heritage and environment is to be protected. What makes the task especially complicated is that potentially invasive species do not have a particular biological profile allowing identification in advance. Such a large group of islands presents added difficulties: given the amount of trade between the islands, preventive control points cannot be limited to the international points of entry (Tontouta airport and the port of Nouméa).

AN ANCESTRAL PRACTICE

Worldwide, people have awoken late to the problems caused by invasive species? especially because, since the end of the last ice age, humans have never ceased to transport plant and animal species away from their natural range. Introducing new species was viewed as an effective way of improving the lot of human communities by bringing new sources of food to a fast-growing population. Deliberate introduction of foreign species for utilitarian

purposes is traditional? to such an extent that few European farmers, for example, know that they are growing Peruvian potatoes, Manchurian buckwheat, Mesoamerican maize and beans, Caucasian apples and Middle Eastern flax. Few farmers know that the ancestors of their turkeys came from Mesoamerica and those of their chickens from Indonesia.

Introductions to strengthen a nation's productive potential have always had their ardent defenders. From the 17th century on, the discovery of new continents including the Americas revealed the prodigious diversity of exotic flora especially tropical flora. Botanical gardens were created to acclimatise them to temperate latitudes. One of the first such gardens, the Jardins du Roy in France, was created in 1635 for the sole purpose of facilitating the introduction of exotic species; the success of these introductions, by Bernard de Jussieu (1699-1777) and other learned men, aroused much admiration. In 1793 the Jardins du Roy became the Museum national d'histoire naturelle, but the tradition continued. Around that time Geoffroy Saint-Hilaire (1778-1844), zoologist, created the menagerie in the Jardin des Plantes and the Société Impériale d'Acclimatation. The public's taste for exotic plants and animals has never waned.

Worry about the dangers of alien organisms emerged early on. The literature abounds in descriptions of examples of intentional or inadvertent introductions that led to epidemics in humans or animals; bubonic and pneumonic plague in the Middle Ages, epidemics of flu, cholera, smallpox and rabies, of mildew in plants, the spread of West Nile virus and SARS, etc. Governments have generally set up control systems to prevent such epidemics as far as possible, with biosurveillance, vaccination, eradication measures etc. These systems are mainly intended to deal with infectious agents and the reservoir or vector species that carry them; the corresponding risk is universally recognised by all and the measures, however restrictive they may be, are accepted unanimously.

USEFUL SPECIES AND UNNECESSARY SPECIES

There is less unanimity when it comes to species regarded as "useful": horticultural species, game animals, plants with agricultural potential, pets etc., which may be intentionally introduced (though sometimes for debatable reasons) and which then escape through negligence or thoughtlessness, their inva-

sive potential unsuspected or deliberately ignored. Only twenty years ago, many scientists were fairly indifferent to the problem except in agronomy, even though the concept of an invasive species was first introduced in 1855, by Swiss botanist Alphonse de Candolle. But in those days, he was mainly addressing the question of a species extending its range and becoming cosmopolitan.

Of course, not all species intentionally or inadvertently imported into a country establish themselves, even briefly, in the wild. Others may settle where they have been introduced and go no further. A species is only considered to be naturalised when it spreads naturally beyond the place where it has initially established. And the only naturalised species regarded as invasive are those that multiply in natural or manmade environments to the extent that they significantly alter the composition, structure or functioning of the ecosystem concerned. It is clear that the great majority of introductions do not survive. There is little discussion of this in the literature. Some species may remain unnoticed for years, then either disappear or develop into invasive species if changes in their environment give them a competitive advantage.

In 1996 British biologist Mark Williamson established the so-called “tens rule”, based on numerous examples. According to him, of every 1,000 plant species introduced an average of 100 would establish successfully, ten would naturalise and one would become invasive. But however small the proportion of introduced species that actually become invasive, this does not belie the seriousness of the problem. Far from it, as Williamson’s example of the United Kingdom shows: of 12,000 species imported, 1600 established themselves successfully, 200 became naturalised and 39 proved invasive.

The environmental and economic cost of these invasions can be very high (see pp. 189 and 199 sqq). Invasive species have spread and have affected virtually every type of ecosystem in the world. They have contributed to hundred of extinctions of other species, especially in island ecosystems. The risk of landscapes and ecosystems becoming uniform and homogeneous increases as human behaviour evolves. One example is the abolition of seasonal differences in the fruit and vegetables available on the market, with strawberries, cherries, melons and green beans available even in winter. This has meant introducing these domesticated species to countries at different latitudes and then transporting the produce across and between continents from their new site of production to the place of consumption. This process can facilitate the introduction of new crop pests. The

risk is especially great with inter-continental trade in wild or ornamental plants in the form of seeds, propagules or whole plants.

Economically, taking account of all business sectors affected by biological invasions? farming, fishery, shellfish farming, tourism, human health etc.? the costs engendered are enormous. For example, the invasion of beehives by the *Varroa* mite may cost New Zealand alone an estimated US\$ 267 to 602 million. And according to recent work (published in 2000) by American researcher David Pimentel and his collaborators, who tried to aggregate the economic cost of all damage occasioned by foreign species in the United States, annual expenditure in that country amounts to US\$ 137 billion.

PARTICULARITIES OF NEW CALEDONIA

Because of their geographical isolation, small islands harbour many endemic plants and animals, often including species that are unique to that place. According to the World Environment Fund, an estimated 75% of bird and animal species that lived on such islands are now extinct, and between them the world's small islands harbour one-sixth of endangered plant species. Thus their high rate of endemism gives island states their potential wealth, but also makes them vulnerable? to the effects of global warming (e.g. rising sea levels), natural disasters (bush fires, tropical cyclones, etc.), the impact of any mining and of course introduced species that may become invasive.

The New Caledonian archipelago is one of the most temperate in the South Pacific. It has a sub-tropical climate affected by oceanic influences and the trade winds. With its temperate climate and many different water regimes, New Caledonia offers many suitable places for potentially invasive species to get established, be they from tropical regions, Mediterranean regions or places with an oceanic climate. The only living organisms that do not find favourable conditions here are those that need low temperatures at some point in their life cycle. However, the variations in rainfall between different parts of the archipelago may hinder the spread of some alien species, keeping them within one part of the archipelago.

Another frequent factor in New Caledonia is tropical cyclones. In 25 years six cyclones have passed through southern part of the territory and eleven through the northern part. Given the distance from land areas large enough to be signif-

icant sources, and the westerly direction the cyclones move in, tropical cyclones cannot be a major means of transport for new organisms to reach the islands. They can however accelerate dissemination within the archipelago or to neighbouring islands, undermining the quarantine measures taken in some areas.

Trade also favours the introduction of exotic species. In particular, food imports to the territory? fruit, vegetables, cereals, bovine livestock products? have increased significantly in recent years. Ornamental horticulture is also growing fast, with strong demand for imported exotic species. Many of these imported species are on the quarantine lists, as they are regarded as potential carriers of pests (see p. 167). Further, new points of entry to the territory are opening up with the development of mining and the accompanying increase in freight traffic, pollution, waste volume and flows of workers from abroad.

Even a species that the public has come to regard as indigenous can cause considerable damage to ecosystems and biodiversity. One example is the rusa deer, which has become an integral part of New Caledonian culture although it was introduced less than 150 years ago. Twelve individuals were introduced in 1870. By 1990 there were 100,000 to 120,000 and their numbers are still increasing. The rusa deer has contributed significantly to the retreat of the primary forest formations on Grande-Terre, especially the dry forest, which now covers no more than 1% of the area it occupied before humans arrived (see the papers by J. Cl. Lefeuvre and M. Pascal *et al.*). Overbrowsing by the deer modifies the vegetation in places, suppressing the undergrowth in sclerophyll forest, for example. It also now threatens seven endemic dry forest species, all classed as endangered by the IUCN.

As regards inadvertent introductions, the little fire ant is an emblematic example (see p. 189). This ant, *Wasmannia auropunctata*, is regarded as indigenous in a zone stretching from the Caribbean to Uganda, including almost all of tropical South America and Central America. In recent decades, as trade has spread it too has spread around the tropical belt. It was accidentally introduced into New Caledonia in the 1960s, spreading at first along with the Caribbean pine. It colonises farmland and urban areas as well as wilderness. Among other problems, its fierce bite makes it a major nuisance for mammals and humans, and it promotes pest damage to plants through a reciprocally beneficial relations with several homopterans and other plant-eating species. It also endangers biodiversity by reducing the number of arthropods in the areas it infests, changing the ecological balance.

INTERNATIONAL AGREEMENTS

Worldwide, there are now a certain number of measures for protecting territories from invasive species, in particular quarantine measures, which have developed gradually as awareness of the problem of has increased. These systems appeared in the context of the plague epidemic that hit Europe in the late Middle Ages. The first examples, applied in the Adriatic ports in the late 14th century, obliged incoming ships to keep at a distance from the port for a period of forty days. This was considered sufficient time for any latent symptoms of the dread disease to be expressed. The duration was reduced as knowledge about infectious diseases increased. Although the objective link between the movement of humans and the development of epidemics had already been established in the 14th century and action taken on that basis, quarantine practices remained empirical until the late 19th century.

In the late 19th century the Pasteurian view of epidemics took hold, including epidemics of plant and animal diseases. Increasingly frequent and rapid movements of people and goods made it clear that earlier observation about human diseases were equally valid for plants and animals. Repeated crop failures due to disease, particularly the collapse of European winegrowing when phylloxera became established, made it clear that new measures were needed. By the end of the 19th century, laws made quarantine mandatory for animals (Contagious Diseases (Animals) Act of 1869 in Great Britain, for example) followed in 1884 by a comparable Act in the USA. For plants, legal restrictions on trade were introduced in the late 19th century. The Berne Convention to counter grapevine phylloxera was drafted in 1881 and adopted in 1889, while in Great Britain and Ireland the Destructive Insects Act was passed in 1877 to prevent the introduction of the Colorado beetle, and in 1907 the Destructive Insects and Pests Act extended that cover to crop diseases.

But not until the eve of the first World War did various European countries set up a complete import quarantine system. Thereafter nearly a century passed before a new dimension of the risk was taken into account? the notion of invasion by alien species and their impacts on the environment (see box). Nonetheless, there are still unanswered questions to which no existing law or other arrangement provides a solution. In particular, although invasive species that are potential pests for cultivated or wild plants are gradually

being taken into account under the International Plant Protection Convention (IPPC), there are no arrangements for monitoring or regulating those that do not affect plants, or do so only very indirectly. Whence the difficulty of preventing or properly managing the risk (see p. 211). Similarly, there is currently no organised monitoring of invasive animal species not considered to be direct or indirect plant pests or vectors of diseases covered by the veterinary services.

Chronology of main protection measures

1911: France and other European countries introduce a complete import quarantine system.

1912: United States introduces similar provisions.

1929: The Rome Conference lays the groundwork for regulations that are later used for the International Plant Protection Convention (IPPC).

1951: IPPC adopted under the aegis of the FAO

1973 and again 1997: IPPC revised to bring it into compliance with GATT trade agreements. The second revision also lays down that the IPPC applies to the protection of cultivated and wild plants and includes protection against direct and indirect damage by pests, weeds included. The framework of the Convention thus extends to protecting the environment against threats to the life and health of plants and ecosystems from any pest. This new form of quarantine could be called ecological or environmental quarantine (compared to the earlier systems of sanitary and phytosanitary quarantine).

1992: adoption of the Convention on Biological Diversity (CBD), ratified by many countries but not by the United States. It addresses the question of invasive alien species and their impact on ecosystems, habitats and other species.

Since 1999: the FAO's Interim Commission on Phytosanitary Measures (ICPM) has been working to clarify its role with regard to pests of plants.

2000: the Cartagena Protocol reintroduces the precautionary principle, but only as applied to the potential adverse effects of a living genetically modified organism.

2001: The Interim Commission on Phytosanitary Measures (ICPM 3) rules that invasive alien species that are pests of plants, are not yet present in a country, or are present but not widely distributed and officially controlled, may be considered quarantine pests and be subject to IPPC provisions.

IN NEW CALEDONIA

New Caledonia's biosecurity situation and system should be considered within the international context (see p. 219). An incorporating Act passed on 19 March 1999 set up New Caledonia's governing structures and allotted them specific competencies. For natural resources and the environment, outside of New Caledonia's territorial waters the French state has the competencies resulting from international agreements, while New Caledonia is competent to regulate and exercise the right to exploit, manage and conserve biological and non-biological natural resources within its exclusive economic zone. It is also competent with regard to zoosanitary and phytosanitary regulations, and for slaughterhouses. The provincial authorities are responsible for all fields not attributed to the responsibility of the French state, the New Caledonia government or the communes. The provinces are responsible for protecting their environments. They regulate and exercise the rights of exploration, exploitation, management and conservation of biological and non-biological resources of inland waters including harbours and lagoons, the soil and subsoil, and territorial waters.

The Consultative Committee on the environment, set up by an act of parliament in 1999, includes representatives of the French state, the New Caledonia government, the provinces and the communes. Its composition, attributions and mode of operation were laid down by a decision of Congress. Ports and airports are under the responsibility of the New Caledonia government. Public health, zoosanitary and phytosanitary regulations exist, but they do not explicitly cover the plant or animal species liable to interfere with strictly environmental aspects. There remains a lack of harmonisation among different initiatives and there is no coherent set of protection measures against invasive species. Also, success in combating such species depends on the involvement of the New Caledonian population (see p. 229). In the light of these facts, and of the damage already done by invasive species in New Caledonia, those responsible for the environment in the provinces (Northern, Southern and Loyalty Islands) decided to commission an expert group review from the Institut de recherche pour le développement (IRD).

THE EXPERT GROUP REVIEW

New Caledonia's provincial and territorial authorities have taken a number of initiatives on invasive species in recent years, with a view to setting up

a structure to define a collective strategy for protecting and conserving biodiversity. They also felt the need for an accessible record of current knowledge on the issue, and asked the IRD to conduct an expert group review.

In July 2004, the IRD's Consulting and Industrial Liaison department was asked to examine the issue and formulate the IRD's response. A mission went out to Nouméa to talk to policy makers and actors in the field as widely as possible and learn of their experiences and questions. This laid the groundwork for a preliminary framework of the review.

The review proper began in December 2004, when the initial workshop was held. The aim of this workshop was to bring together scientific experts on invasive species and the New Caledonian environmental policy makers who had asked for the review, to formalise the questions the review was to answer and suggest a precise framework, a set of specifications. This stage of the process, which is absolutely essential, must bring to light all the expectations and motivations of the review's sponsors.

This is why it is so important to meet all the actors directly or indirectly involved in the field the review is to cover. The specifications as subsequently written up must reflect precisely the sponsors' requirements. Clearly, however, the experts' contributions, based entirely on data drawn from the published literature and such "grey literature" as is available and reliable, may not be able to meet all the sponsor's expectations. That is why the experts leave themselves a margin for simply quoting expert opinion on points not sufficiently documented. They also recognise the need to provide conclusions as relevant as possible to the operational decision bodies' possible future needs, taking into account the particular situation of each of the archipelago's administrative entities.

The first two months of 2005 were spent bringing together a panel of internationally reputed experts capable, between them, of covering all fields within the scope of the review. The Consulting and Industrial Liaison department commissioned David Simberloff of Tennessee University and Bernard Chevassus, Chairman of the Museum national d'histoire naturelle, to peer review all the experts' papers and the synthesis report.

The panel of experts held their first meeting in April 2005 in New Caledonia. One purpose of that meeting was for each expert to take personal and group responsibility for the fields covered by the specifications

and the sponsors' questions. The scope and framework for each of the papers had to be discussed and decided. And a collective work schedule had to be fixed. The panel had to define the necessary time and space limits to produce a coherent, pertinent document fulfilling the requirements of an expert group review on invasive species in New Caledonia by December 2005.

The experts held their second and final working meeting in mid-October 2005. They reported on progress on their contributions and settled problems of consistency. An outline of the synthesis report was presented to the steering committee.

Synthesis
and
Recommendations

Invasive species in New Caledonia

The first international programme on invasive species was started in 1982. Entitled *Ecology of biological invasion*, it was launched on the initiative of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), a body established by the International Council for Science (ICSU). One of the first publications issued by the programme, in 1986, concerned Australia, where the number of species introduced and naturalised in at least four States has increased in linear fashion since the arrival of the Europeans in 1788. There followed several publications on other parts of the world: North America and Hawaii, South Africa, Europe and the Mediterranean Basin, the Tropics. A synthesis of the entire programme was published in 1989 under the title *Biological invasion, a global perspective* (J.A. Drake *et al.*, John Wiley & Sons Ltd.).

As regards New Caledonia, it may be assumed that species introductions have been occurring for about 4000 years. In fact humans reached the islands fairly late; one of the oldest archaeological remains discovered so far, on Île des Pins, dates from 2000 BC. Since then, humans seem to have been permanently present on the islands. James Cook discovered Grande-Terre in 1774 AD.

The eventful geological history of the hundred-odd islands that make up the territory of New Caledonia, their geographical isolation dating back to very early times, and their topographical, hydrological and climatic particularities, all suggest? as has been extensively confirmed? that they vary widely in the richness and composition of their indigenous flora and fauna. This chapter presents an initial assessment of the number and type of invasive plant and animal species present.

DEFINITIONS

In this document we define invasive species as "any alien, non-native or imported species intentionally or accidentally introduced and whose

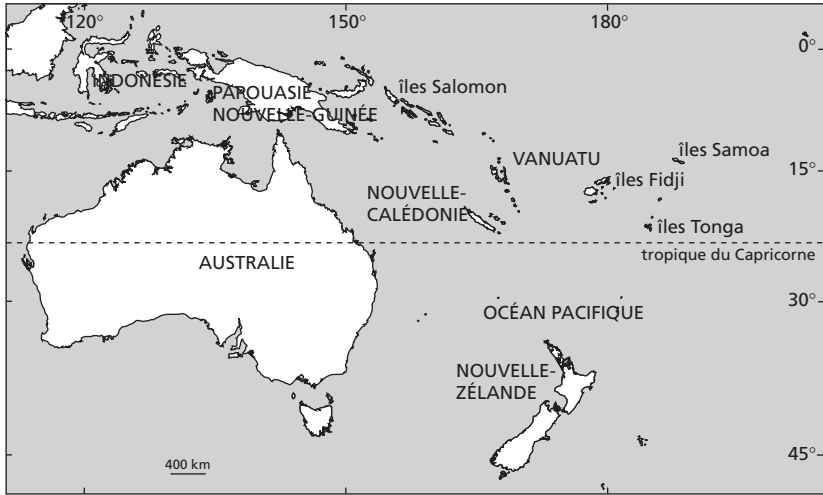
proliferation in natural or semi-natural environments causes or is likely to cause damage.”

We define alien species as a species living in a biogeographical area outside its natural range, in contrast to an indigenous species. The definitions of alien and indigenous refer to the concept of a species' natural range, which bears no relation to the geographical boundaries between countries, let alone lesser administrative regions. Given the large number of islands that make up New Caledonia, a given species may very well be indigenous (and in many cases endemic) in one island or even part of an island, and alien in others. Of course, not all alien species are invasive¹.

A PARTICULARLY VULNERABLE GROUP OF ISLANDS

New Caledonia has a somewhat temperate tropical climate, with two main seasons: a hot season from mid-November to mid-April and a cool season from mid-May to mid-September. Between them come a short dry season from mid-April to mid-May and the main dry season from mid-September to mid-November. Mean annual temperatures vary between 21.9°C and 24.1°C, with a maximum in January and February. This relatively clement climate provides favourable conditions for very many potentially invasive species to establish themselves. However, there are significant differences between the different parts of the archipelago, owing to its geographical configuration (see Map 1): the West and North coasts are much drier than the East and South coasts. The differences in rainfall from one area to another limit the spread of invasive species to all parts of the territory, because each species has its particular moisture requirements.

¹ For greater precision in these definitions, see the papers by M. Pascal *et al.* and J-Y Meyer *et al.* Using these definitions, we will not deal here with species or varieties which, although indigenous or endemic, can become invasive. Examples in New Caledonia are *Casuarina collina* (Casuarinaceae) and *Acacia spirobis* subsp. *Spirobis* (Leguminosae), which behave invasively in places where plant communities have been degraded by human activity. Another example is *Commersonia bartramia* (Malvaceae) in Port-Bouquet and the Tchamba valley, or the creeper *Mucuna platyphylla* (Leguminosae), both of which can propagate rapidly or displace other indigenous plants to form single-species cover. While it is not necessary, or a priority, to eradicate them (which would anyway be impossible), it is important not to propagate them and to inform neighbouring countries and island groups of the risk of invasive behaviour by these New Caledonian species.



Map 1 New Caledonia spreads out between 18° and 23° S and between 164° and 167° E. It consists of a main island, Grande-Terre, and numerous outliers, a total of 18,585km² of land. Stretching beyond Grande-Terre (16,890km²) are small, isolated islands such as Île des Pins to the south and the Belep islands in the lagoon north of Grande-Terre. Further north are the coral atolls of Huon and Surprise (Entrecasteaux reefs). The Loyalty Islands, northeast of Grande-Terre, have three main islands, Ouvéa, Lifou and Maré. West of Grande-Terre lies the Chesterfield plateau with the Chesterfield and Bellona atolls.

A major source of New Caledonia's vulnerability is trade (see paper by M. Delos *et al.* particularly). New Caledonia trades with almost 150 countries, from Western, Central and Eastern Europe to the United States, Asia, Africa and the Near East. Half its trading partners are temperate industrialised countries (in 2003, 46% of imports, in value terms, came from France), the other half from tropical countries (35%) and island countries with climates similar to its own (15%). Among the goods imported (see Table 1) are foodstuffs (+ 24% in 1994 values between 1999 and 2003), machinery (+ 85%), equipment and transport (+ 238%) and wood (stable).

Owing to New Caledonia's economic development, agriculture now accounts for only 1.9% of GDP, a similar percentage to mainland France and other French overseas territories.

Table 1 – Imports into New Caledonia between 2001 and 2003, in F.CFP million (FCFP 1000 = €8.38)

Catégorie	2001	2002	2003
Foodstuffs	19,545	19,859	20,480
Mineral products	18,053	17,033	16,826
Chemical products	9,655	10,674	11,435
Rubber and plastic goods	5,109	5,175	5,264
Wood and wooden goods	1,537	1,440	1,671
Paper and paper goods	3,728	3,590	3,743
Textile products	4,240	4,352	4,462
Metals and metal goods	7,611	8,146	8,750
Machinery, appliances and electrical equipment	23,519	23,138	26,760
Equipment and transport	19,431	19,373	46,909
Other	11,744	14,398	17,568
Total	124,171	127,178	163,869

Source : Direction régionale des douanes

While the food sector still depends massively on imports of products that for technical or economic reasons cannot be produced locally (about 70,000 tonnes of fresh animal and vegetable produce per year of temperate-climate produce and frozen foods), the farm situation has changed considerably in the past 15 years. Over that period, the rate of coverage from local output has increased by 41% to 53% owing to a steady increase in farm output, which has increased in value from €34.5m in 1991 to €88.8m in 2004.

New product chains have emerged during this period, particular exports of squash to Japan (3,029 tonnes in 2002) and other exports of fruit and vegetables which have grown remarkably fast, with a production value increasing from €8.4m to €24.3m.

However, local produce and particularly fruit and vegetables are periodically affected by tropical cyclones (Rewa in 1994, Béti in 1996, Frank in 1999, Erica in 2003) which increase demand for imports. Fruit and vegetables are the main vectors for *Tephritidae* (fruit flies); the introduction of new species of fruit fly to

Table 2 – Origin of ornamental horticulture material (cut flowers and ornamental plants)

	Parent tree on the holding	Plant material bought locally	Plant material imported	Plant material collected from the wild	Other source
Loyalty Islands Province	80%	7%	0%	7%	6%
Northern Province	58%	26.1%	7.7%	6%	2.1%
Southern Province	15.4%	6.8%	75.5%	2.3%	0%
New Caledonia	16.1%	7.1%	74.4%	2.3%	0.1%

New Caledonia is not desirable. As regards cereals, output has increased 18-fold in 10 years (6,095 tonnes of maize and 19 tonnes of wheat in 2003). And the quarantine lists (which are not yet exhaustive) include numerous pests of maize.

Ornamental horticulture is a fast-growing sector in New Caledonia. The number of ornamental horticulture holdings increased from 37 in 1989 to 168 by 2003 and is still increasing. Seventy per cent of these holdings are in Southern Province, where demand is strongest. This region concentrates 95% of the 100 ha growing ornamentals commercially in New Caledonia. Three quarters of their basic plant material is imported and represents a significant risk factor (see Table 2).

The species most commonly marketed as cut flowers are roses (over a million stems), anthurium (several hundred thousand stems), sunflower, strelizia (several tens of thousands), gerbera and orchids, most of these latter two being directly imported. All these species, as cut flowers or pot plants, are potential carriers of major plant pests on the quarantine lists, be they insects [*Aleurodes (Bemisia sp.)*, leaf miners (*Lyriomyza sp.*), fruitworms (*Helicoverpa sp.*)] or bacteria (*Xanthomonas*). For example *Xanthomonas campestris pv dieffenbachiae* has become established in many tropical countries where anthurium can be grown. Some of these organisms feed on a range of different species, which makes them as much of a danger to wild plants as to the cultivated plants on which they arrived.

Tourists too may introduce alien plant or animal species. The risk seems relatively slight today, in view of the low level of tourism in New Caledonia?

about 100,000 tourists a year, a figure that has remained stable for ten years. However, the number of tourists did double between 1986 and 2003, so vigilance is called for, especially as some points of entry by cruise passengers may not be under sufficient surveillance.

The influx of people working in the nickel mining sector is a major hazard, however. New Caledonia, which holds about 20% of the world's nickel reserves, is to date the third largest producer. Output is still increasing and is largely based on foreign labour.

New points of entry to the territory have been established in connection with the mining industry, others will be in the near future: Koumac (northern Grande-Terre), Goro (southern Grande-Terre), Koné (western Grande-Terre). Traditionally, the main points of entry to be monitored have been the port of Nouméa, which handles 99% of goods traffic, and the international airport at Tontouta, through which 200,000 travellers pass each year, half of them tourists and half residents. Returning residents are more likely than tourists to bring in exotic species. Postal traffic is another way for alien species to arrive. This risk is increasing rapidly with the success of online shopping, the goods being delivered by post. Seeds, bulbs and rhizomes for private gardens and horticulture all arrive by post.

Controlling international entry points is of course one of the key points in any system of biosecurity and prevention against invasive species. But domestic traffic, island-to-island traffic especially, is also an important factor for contamination.

INVASIVE VERTEBRATES

To be accurate, the question of biological invasions must be considered over the long term. Too many studies have been limited to the recent past, and assume, wrongly, that human societies have only recently had an impact on their environment. This leads to biased interpretation: situations that have resulted from many centuries of Neolithic human activity are assumed to be natural. In this study, we will cover the period from 2000 BC to 2005 AD, 2000 BC being the date of the earliest archaeological evidence of human presence in New Caledonia. We will also refer to the date of introduction of a species, where known, rather than estimating when it became established in the wild.

Not all the indigenous and non-native species considered to be a part of New Caledonia's fauna actually breed there; some only spending time there

at other stages of their life cycle. This applies to many bird species, but also some fish and mammals (such as cetaceans, which breed at sea). In this document, therefore, we consider indigenous species and established aliens to include only those that reproduce in New Caledonia and constitute one or more permanent populations. Otherwise we would have to list all the non-native species that have been present in New Caledonia for short periods, which cannot be done in the present state of knowledge. Nor would it be useful for the purposes of this study to try to do so.

That said, the New Caledonia archipelago counts 295 terrestrial, freshwater and brackish water vertebrate species. Of these 295 species, nine belonging to the order Anguilliformes and seven belonging to the Mugiliformes are reputed to breed only at sea, taking the number considered for this study down to 279. Over the past 4000 years (Melanesian period to 1774, historical period thereafter) 18 species disappeared from the territory; 15 of them, endemic to New Caledonia, became extinct (8% of the territory's endemic and indigenous vertebrates). Of these disappearances, 14 (76%) occurred during the Melanesian period: four species of reptile, ten of birds. The other four (24%), all birds, occurred during the historical period. Which means that 0.4 species disappeared per century during the Melanesian period, compared to 1.6 per century in the modern period? four times as many.

15% of all recorded vertebrate species in New Caledonia are aliens. Subtracting those species that have already died out, alien species account for 16% of currently existing species in New Caledonia: 17% of fish, 100% of amphibians (only one species), 4% of reptiles, 17% of birds and 57% of mammals. Of the 42 alien vertebrates currently recorded, 4 have invaded the territory recently and apparently spontaneously. These four are all birds: the dusky moorhen (*Gallinula tenebrosa*), masked lapwing plover (*Vanellus miles*), little bittern (*Ixobrychus minutus*) and greater cormorant (*Phalacrocorax carbo*). Of the other 38, 37 have been introduced, intentionally or inadvertently, since the historical period began, and only one, the Pacific rat (*Rattus exulans*), was certainly introduced during the Melanesian period.

Some other species are thought to have arrived spontaneously from elsewhere or been introduced by humans. They are the Pacific or Solomon Islands tree boa (*Candoia bibroni*), five geckos (*Gehyra vorax*, *Hemidactylus garnotii*, *Hemiphyllodactylus typus*, *Lepidodactylus lugubris*, *Nactus pelagicus*) and a skink (*Emoia cyanura*). If this hypothesis is confirmed, it would

bring the number of alien species in New Caledonia to 49? 80% of existing species. If they prove to have arrived during the Melanesian period, 8 invasions would have occurred during that time compared to 41 during the historical period? 16% and 84% of total invasions respectively.

Naturally enough, it is the inhabited islands that have the highest percentage of alien species (see Table 3 and the detailed inventory in the paper by M. Pascal *et al.*). Grande-Terre, where all New Caledonia's alien species can be found, has nearly twice the proportion of alien species as the various Loyalty Islands (the very low number recorded on Île des Pins seems to be an underestimate). Very isolated islands that have never been inhabited have the lowest rates (Entrecasteaux 2 group, Walpole, Hunter). Grande-Terre is thus a major potential source for the introduction of such species to the other islands, given their geographical proximity and close trading ties. (NB: Belep, Beautemps-Beaupré and some satellite islands of the larger islands are not included in this study owing to lack of data). In the light of the available information, the Chesterfield Plateau islands are treated as a single group and the Entrecasteaux Reef islands as two groups.

Table 3 – Number of indigenous, endemic, alien and lost vertebrates of each island unit considered in the study

Entité	Lost	Endemic	Indigenous	Alien*	% alien**
Chesterfield	0	0	15	1 (0)	6.7
Île des Pins	8	27	36	3 (7)	4.8
Grande Terre	17	100	82	42	23.1
Entrecasteaux 1	1	0	16	2	12.5
Entrecasteaux 2	0	0	15	0	0
Ouvéa	0	11	38	5 (4)	12.2
Lifou	1	16	41	5 (3)	10.5
Tiga	1	1	19	3 (7)	15.0
Maré	2	16	38	6 (6)	13
Walpole	1	0	14	1 (2)	7.1
Matthiew	0	0	8	0 (3)	0
Hunter	0	0	7	0 (3)	0

* In brackets: number of species potentially present and whose absence is not specified in the literature.

** Percentage of alien species present compared to endemic + indigenous species.

Table 4 – Impact of non-native vertebrates in New Caledonia *

Common name	Latin name	Initial introduction	Presence on other islands	Impact in New Caledonia (NC)	Know impact in other regions	IUCN list
Common carp	<i>Cyprinus carpio</i>	Grande-Terre, 1950s				X
American black bass, largemouth bass	<i>Micropterus salmoides</i>	Grande-Terre, 1960s		Major cause of extinction of <i>Galaxias neocaledonicus</i> , endemic to NC. Potential vector of viral haemorrhagic septicaemia		X
Mozambique tilapia	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Grande-Terre en 1854				X
Green and golden grass frog, green and golden bell frog	<i>Litoria aurea</i>	Grande-Terre, late 19th century	Île des Pins, Loyalty islands, Ouvéa Lifou, Maré	Carnivore, occasional cannibalism, carries larvae of <i>Angiostrogylus cantonensis</i> which can be human parasite		
Terrapin (slider)	<i>Trachemys scripta</i>	Grande-Terre past decade			Risk of spread of salmonella in humans	X
Common house gecko	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Grande-Terre World war II	Île des Pins and Lifou (at least)	Agonistic behaviour towards other geckos, excludes parthenogenetic forms of <i>Hemidactylus garnotii</i> and <i>Lepidodactylus lugubris</i>		

* For further information see paper by M. Pascal et al.

Table 4 – (continued)

Common name	Latin name	Initial introduction	Presence on other islands	Impact in New Caledonia (NC)	Know impact in other regions	IUCN list
Mallard duck	<i>Anas platyrhynchos</i>	Grande-Terre early 1970s			Has caused disappearance of New Zealand grey duck (by genetic introgression)	
Common mynah	<i>Acridotheres tristis</i>	Grande-Terre 1867			Potential reservoir and vector of pathogens such as bird flu	X
Red vented Bulbul	<i>Pycnonotus cafer</i>	Grande-Terre mid-1980s			Similar impact to common mynah, but more severe	X
Domestic dog	<i>Canis Lupus</i>	Grande-Terre 1774 (?)	All islands	Major impact on birds (kagu), suspected of being responsible for disappearance of New Caledonian rail (bird). Predation on rusa deer and pigs (?)		
Domestic cat	<i>Felis silvestris</i>	Grande-Terre before 1860	Loyalty islands	Hazard for NC's rich endemic reptilian fauna	Serious impact on bird and reptile populations. Some 3,500 cats (1977 figures) in Kerguelen Islands are reported to kill 1.2 to 1.3 million birds a year.	X

Table 4 – (continued)

Common name	Latin name	Initial introduction	Presence on other islands	Impact in New Caledonia (NC)	Know impact in other regions	IUCN list
Wild pig, wild boar	<i>Sus scrofa</i>	Grande-Terre 1774	Île des Pins, Loyalty Islands	Damage to food crops and commercial crops, negative impact on malacofauna (molluscs), terrestrial microfauna, many fruits, seeds, rhizomes, tubers and perhaps some birds	Devastating impact recorded on many Pacific islands	X
Rusa deer	<i>Cervus timorensis</i>	Grande-Terre 1870	Satellite islets around Grande-Terre	Damage to dry forest and no doubt to humid forest, threat to more than ten plant species considered endangered by the IUCN, probably fosters spread of plant pests, damage to crops and forest plantations		
Wild ox	<i>Bos primigenius</i>	Grande-Terre c. 1850	Loyalty Islands	Grazing by wild ox thought to be responsible for disappearance of wooded savannah. Dissemination of invasive weeds (grasses, sedges, broadleaf herbaceous plants)	Regarded as a major threat to biodiversity on some Pacific islands	

Table 4 – (continued)						
Common name	Latin name	Initial introduction	Presence on other islands	Impact in New Caledonia (NC)	Know impact in other regions	IUCN list
Goat	<i>Capra aegagrus</i>	Grande-Terre c. 1850	Ouvéa, Loyalty Islands	Endangers one endemic ligneous species, <i>Ochrosia inventorum</i> . Negative impact on regeneration of endemic plants in dry forest	Considered by some to be the most destructive species for island environments worldwide	X
House mouse	<i>Mus musculus</i>	Grande-Terre c. 1850	Entrecasteaux, Ouvéa, Lifou	Reservoir and vector for various human and animal pathogens e.g. the bacterium that causes leptospirosis	Causes major losses in sugar cane plantations in Martinique and Guadeloupe	X
Pacific rat	<i>Rattus exulans</i>	Before historical period	Grande-Terre, Ouvéa, Lifou	Questions as to interactions between the three rat species and with the house mouse, and regarding the parasitic fauna and bacterial flora they share, with possible consequences for human and animal health		
Brown rat	<i>Rattus nonvegicus</i>	Grande-Terre c. 1850	Lifou	Probably major impact on endemic reptiles and amphibians; ground-nesting and burrowing birds, vegetation	Negative impact on native birds, reptiles, amphibians, crabs, insects and molluscs of tropical islands. Reservoir and vector of numerous pathogens	

Table 4 – (continued)

Common name	Latin name	Initial introduction	Presence on other islands	Impact in New Caledonia (NC)	Know impact in other regions	IUCN list
Black rat	<i>Rattus rattus</i>	Grande-Terre c. 1850	Entrecasteaux, Lifou	Impact on birds, reptiles and amphibians, molluscs (Île des Pins). Pest of crops and food stores.	Crop pest, depressive effect on seabirds, propagates alien species, reservoir and vector of numerous pathogens (plague, bilharzia, salmonella, leptospirosis)	X
European rabbit	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Îlot Leprédour c. 1870	Grande-Terre	Danger to very rich endemic flora	Impact on floristic composition and vegetation cover. Speeds erosion. Reservoir and vector of viruses (e.g. myxomatosis, viral haemorrhagic disease).	X

The impact of many alien species of vertebrates is unknown, as no studies have been done. Table 4 shows the species whose impact is documented for New Caledonia and those whose impact in other regions is known (see detailed data in paper by M. Pascal *et al.*). Some of these are on the IUCN list of the world's 100 most damaging alien species in terms of host ecosystem disruption.

Apart from the causes of contamination between Grande-Terre and other islands already mentioned (geographical proximity, trade and movements of people), a third cause is the deliberate transfer of alien species. This includes pets, aquarium fish, domestic pigeons, species introduced for hunting or fishing, etc. While some of these introductions may seem legitimate at first sight, none are without consequences, and they should be prohibited unless and until serious ecological studies have been performed to assess the relative risks and benefits. Measures taken to limit the introduction of alien species from outside the territory should also be applied within the territory.

Current knowledge of the biology, ecology and local impact of the 20 species in Table 4 is not sufficient to establish a reliable ranking order according to their relative risk for New Caledonian ecosystems or human and animal health. However, since twelve of them are on the IUCN list, close attention should be paid to these twelve, and quickly. Others, like the rusa deer, require pragmatic solutions (see paper by J.-Cl. Lefeuvre). The rusa deer is considered both a domestic animal and a game animal. Production of deer meat increased seven-fold between 1991 and 2002. There would be fierce opposition from the population to any attempt to eradicate the deer. The problem will need to be managed at the local level, e.g. by creating protected areas, introducing properly planned cull hunting, etc.

INVASIVE PLANTS

This section discusses currently invasive plants and potentially invasive plants. The latter category includes plants that are already present in New Caledonia but have not yet become invasive, and others not yet present but known to cause major damage in tropical and subtropical islands of the Pacific and Indian Oceans. The goal is not to provide descriptive data sheets on these plants (these can be found in the bibliography or on relevant websites? see paper by J.-Y. Meyer *et al.*) but to try to rank them according to their ecological and socio-economic impacts.

The most recent inventory of introduced and cultivated plants in New Caledonia (*Catalogue des plantes introduites et cultivées en Nouvelle-*

Table 5 – Number and distribution of introduced plant species (invasive, naturalised, sub-spontaneous and cultivated) in the New Caledonia archipelago (adapted from MacKee, 1994)

	Invasive	%	Naturalised	%	Sub-spontaneous and cultivated	Total
All islands	67	100	296	100		
Grande-Terre	62	98	276	93	956	1 294
Loyalty Islands (Maré, Lifou, Ouvéa, Tiga)	17	30	110	37	69	196
Île des Pins	31	49	71	24	31	133
Îles Belep (Art, Pott)	1	2	25	8	7	33
Île Walpole	5	8	-	-	-	-
Îles Yandé, Néba, Balabio, Baaba	2		-		-	
Île Surprise	1		-			-
Île Pam	1		-		-	
Île Matthew	-		-		-	
Îles Chesterfield	-		-		-	
Île hunter	-		-		-	
No locality, no specimen seen or presence doubtful	1		-		-	

Calédonie, H.S. MacKee, Museum national d'histoire naturelle, 1994) lists 1,412 taxons (species, subspecies, varieties and cultivars). These include 708 cultivated taxons, 170 cultivated or spontaneous and 87 spontaneous. It would appear that 360 of these taxons have become naturalised, including 64 (4% of the introduced flora and 18% of the naturalised flora) that can be considered invasive (see list of plants considered invasive in New Caledonia in the paper by J-Y. Meyer *et al.*). To these 64 should be added the weeds Caribbean pine (*Pinus caribaea*), *Imperatra cylindrica* and *Heteropogon contortus*, bringing to 67 the number of invasive plants in New Caledonia.

Introduced plants are to be found on all the main islands: Grande-Terre, the Loyalty Islands, Île des Pins, Îles Belep and Île Walpole. Grande-Terre has the highest percentage, with 1,294 species out of 1,412 (see Table 5). All the main islands suffer invasive plants, Grande-Terre in the lead with 64 species out of 74, followed by Île des Pins and Loyalty Islands.

There is no established international system for classifying invasive species or ranking them in order of importance. A panel of experts has recently classified the 117 main invasive plants in South Africa, based on crossing four factors: the current range of the species (very large, large or localised), geographical abundance of the species (abundant, common, rare), habitats liable to be invaded (large, medium or small numbers, water-side areas) and the number of propagules (high, medium, low). For Q.B.C. Cronk and J.L. Fuller (1994), major or dominant invasive plants are species that have been introduced, have naturalised, and cause significant changes in the composition, structure and functioning of the ecosystem.

Species with major ecological and socio-economic impacts include:

- tropical and sub-tropical aquatic plants (*Eichhornia* spp., *Salvinia molesta*, *Egeria densa*) capable of invading lakes, ponds and rivers, reducing oxygen and light in the water, increasing turbidity and sedimentation, causing drying or eutrophication of watercourses and obstructing irrigation canals;

- pyrophytic grasses (*Andropogon* spp., *Melinis* spp., *Pennisetum* spp.) which form dense, highly inflammable clumps, increasing the frequency and intensity of wildfires and regenerating after a fire;

- trees that are heavy consumers of water (*Acacia mearnsii*, *Tamarix* spp., *Prosopis* spp.) and that exhaust water reserves in dry areas;

- leguminous plants (*Acacia* spp., *Paraserianthes falcataria*) and *Myrica faya* which enrich the soil in nitrogen, disturbing the natural secondary succession;

- climbing vines (*Thunbergia* spp., *Passiflora* spp.) capable of completely covering the canopy.

The list of "100 of the World's Worst Invasive Alien Species" includes 32 land plants and 2 freshwater aquatic plants presenting the above features. Nine of the 34 are present in New Caledonia: *Arundo donax*, *Eichhornia crassipes*, *Imperata cylindrica*, *Lantana camara*, *Leucaena leucocephala*, *Schinus terebinthifolius* and *Wedelia trilobata*, *Miconia calvescence*, *Merrenia peltata*.

As to potentially invasive plants in New Caledonia, these are determined by comparison with plants that have become invasive elsewhere. Thus of the 300 major weeds and invasive plants in tropical and sub-tropical regions and islands, 165 are present in New Caledonia, 47 of them being invasive, 66 naturalised, 12 sub-spontaneous and 40 cultivated (see paper by J.Y. Meyer *et al.*). The latency period between the time a species is introduced and the moment it becomes invasive can be as much as

100 years. Every biological invasion is a particular case, depending on the characteristics of the species, its origin, its history, and the characteristics of the invaded ecosystem.

The number of introduced, naturalised and invasive species in New Caledonia, and their density per km², seem relatively low compared to those recorded on the neighbouring tropical islands in the Pacific? Hawaii and French Polynesia? or on Réunion island in the Indian Ocean. Similarly, the proportion of New Caledonia's total flora that consists of naturalised aliens is low: 10%, compared to 40-50% in New Zealand, for example. But New Caledonia's economic development, with increasing trade and the influx of tourists, are likely to increase the number of intentional or inadvertent introductions, and hence increase the risk of introducing invasive or potentially invasive plants.

Apart from introductions connected with agriculture, horticulture and industry, there are other factors that encourage the introduction of species that may become invasive: disturbance of the environment by natural events such as wildfire and cyclones or human activities such as fragmentation of forest areas, overgrazing, etc., and also interactive effects, e.g. the impact of alien animal species rendering an area vulnerable to invasion by plants. In any event, it is important to update the 1994 species census. Especially as the above assessment of the New Caledonian situation is probably biased by lack of a recent published inventory.

INTRODUCED AND POTENTIALLY INVASIVE INVERTEBRATES

It is estimated that 25,000 invertebrate species occur in New Caledonia, only 6,000 of them being named so far. There is also no fossil record of invertebrate fauna change, even if some invertebrate species must have been introduced with plants transported by early Melanesian groups (such as bananas, *Hibiscus*...). According to literature, 518 taxa whose occurrence in New Caledonia can be explained only through human introduction was drawn. This list includes 1 oligocheta, 2 myriapoda, 3 crustacea, 17 nematoda, 31 mollusca, 43 arachnida and 421 insecta (see paper by H. Jourdan & C. Mille). Among these species, 511 established perennial populations in the wild: 21 species live in fresh water, 66 interact with human or animal health, 55 are biological control agents and 369 species are encountered in native or disturbed habitats. This last group includes most of the agricultural pests which cause severe damages to human food crops. Some are world trade quarantine pests and importation countries require specific treatments, such as Japan and New Zealand for the fruit fly,

Bactrocera tryoni on risky shipments from New Caledonia. Most of the introductions were accidental, but 51 species were intentionally released, 47 in the context of biological control programs (42 are successful), and 4 other species to food purposes: the edible snail *Cantareus aspersus* and 3 varieties of the domestic bee. Every New Caledonia habitat may be invaded. The majority of invertebrate introductions are known from Main Island, but data are very scarce or missing for other islands. Moreover, the impacts of most of allochthonous species are unknown, as there is no relevant scientific study. In this context, establishing a reliable ecological or socio-economical threat ranking order is difficult, as well as identifying potentially invasive species. Anyway, one should remember that among the 14 invertebrate species included in the IUCN list of the "100 of the world worst invasive alien species", 6 are known from New Caledonia: the giant African snail *Achatina fulica*, the rosy wolf snail *Euglandina rosea*, the whitefly *Bemisia tabaci*, and the ants *Anoplolepis gracilipes*, *Pheidole megacephala* and *Wasmannia auropunctata*. Nevertheless, the Main Island appears to be the main entry point for the archipelago and the dispersal source to other islands for allochthonous invertebrates.

As to potentially invasive species, there are hundreds if not thousands of them. From literature dealing with other tropical insular areas, a list of 541 main taxa, which may be introduced in New Caledonia, has been drawn (see paper by H. Jourdan). This list includes mostly insect species (475 taxa), mainly phytophagous ones, but also arachnida (29 taxa), mollusca (20 taxa) and nematoda (17 taxa). Threats appear to be diverse, but the examples below give some idea of the scale of possible damages.

Red imported fire ant (*Solenopsis invicta*)

Also known by the acronym RIFA, this species is a native of South America. It first moved North into Alabama in the early 20th century before invading the whole of the southern United States. It has very strong venom and is renowned for the damage it causes to public health, agriculture, infrastructures, biodiversity and quality of life. In the past twenty years it has invaded the Caribbean islands, crossing from Florida, and could progress to the Pacific islands if concerted measures are not taken. One colony can contain 200,000 individuals. At a density of 150 colonies per hectare, there can be up to 3,000 individuals per square metre. They bite as soon as they feel threatened, and each ant can inflict several extremely painful bites. They are attracted by electrical equipment such as traffic light

housings, airport runway lights, electricity distribution systems and communication systems. Tens of millions of US dollars are spent annually on pesticides, the only means of control found so far. An ant prevention plan for the Pacific has been proposed, but is awaiting funding (see paper by Lloyd Loope). Of all the ant species present in the Pacific region, the red fire ant, along with the little fire ant, is the greatest threat to quality of human life and biodiversity.

Glassy-winged sharpshooter (GWSS) (*Homalodisca coagulata*)

The glassy-winged sharpshooter is a native of the south-eastern United States and north-eastern Mexico. It established itself in southern California in the 1980s, probably arriving on ornamental plants. It is considered a major pest there, feeding and breeding on more than 300 plant species? farm crops, urban green space ornamentals and indigenous species. The insect's main danger is that it carries a bacterium, *Xylella fastidiosa*, which multiplies in the xylem of a plant, producing secretions that finally block the fluid transport canals until the host plant dries up and dies. One of the main victims of the bacterium is the grapevine? including dessert grapes, which New Caledonia plans to develop as a crop.

The combined presence of the insect and the bacterium can be a serious danger for indigenous plants and ecosystems on Pacific islands. The glassy-winged sharpshooter breeds fast in the warm, moist climate of French Polynesia, although the *Xylella* bacterium has not yet been reported there. So far no successful biological control method has been found in California. In Hawaii, however, where the insect arrived in 2004, its spread is being hindered for the time being by a "spontaneous biocontrol agent" that lives as a parasite on sharpshooter eggs.

Pandanus scale insect (*Thysanococcus pandani*)

On the Hawaiian island of Maui a scale insect called *Thysanococcus pandani* is attacking the coast-dwelling tree *Pandanus tectorius*, causing severe damage and sometimes death. The insect was previously known only in Java and Singapore. It first appeared in Hawaii in 1995, in the botanical garden in Hana, Maui, and then spread throughout the north coast of the island. It has not yet spread to other parts of Hawaii. In the 1920s, most *Pandanus tectorius* and *Pandanus spurius* on the island of Rarotonga in the Cook islands were apparently destroyed by *Laminicoccus pandani*. Similarly, it seems that vast areas planted to *Pandanus tectorius* on Atiu and Mangaia were destroyed by this insect in the 1980s.

The genus *Pandanus* is an important source of fibre. New Caledonia has 18 species of it, of which 16 are endemic. Given the experience accrued on other Pacific islands, New Caledonia needs to protect itself from *Pandanus* pests. A first stage would be to draw up a list of insects and diseases known to attack *Pandanus* species in the Pacific.

The cycad aulacaspis scale insect (*Aulacaspis yasumatsui*)

This scale insect is indigenous to Thailand and southern China and was described in 1972 from a Thai species of cycad. From 1996 it began to be found outside Southeast Asia: on ornamental cycads in Miami, then in Hawaii. In late 2003 it was detected on an ornamental cycad, *Cycas revoluta*, in Guam. It is easily carried on the wind, and in the two years that followed it spread across the northern two-thirds of the island of Guam, infesting and killing both ornamental and indigenous cycads. *Cycas micronesica*, an indigenous Micronesian cycad, seems to be particularly sensitive, with mortality rates of 100% in infested areas.

Like many of New Caledonia's vascular plants, cycads are a primitive group, older than most plant taxons. Of the world's 185 known species of cycad, New Caledonia has only one indigenous species, *Cycas celebica*. The case of the cycad aulacaspis scale and its impact in *Cycas micronesica* in Guam can be interpreted as a particularly pertinent example for New Caledonia, which has several dozen species of primitive gymnosperms.

Culicoides midges (*Culicoides* spp.)

Culicoides midges are mainly present in continental subtropical and tropical regions and, apart from the *no-no* of Polynesia, few inhabit oceanic islands. The adult females of many species suck the blood of vertebrates (humans and wild and domestic animals). Apart from the discomfort, these midges carry a certain number of viruses, protozoans and nematodes. They may also have a significant potential impact on island birds. Midges of the *Culicoides* genus (over 1,000 species) and three other genera in the same family (*Ceratopogonidae*) pose problems for human and animal health in many parts of the world.

INVASIVE FRESHWATER SPECIES

The hydrographic network on Grande-Terre is fairly dense, although the elongated shape of the island and its mountainous relief mean that there are no large rivers. Lakes, pools and marshland cover about 4,000 hectares. The

lake district in southern Grande-Terre has a particularly high rate of endemism in its flora and fauna alike. The Loyalty Islands, by contrast, have not a single permanent watercourse.

At the present stage of prospecting, 50 to 60 species of aquatic flora have been identified (not including sub-aquatic species) of which 11 or 12 are endemic and 4 of these very rare. Benthic invertebrates are largely dominated by insects (75 of the 167 taxons identified). New Caledonia's creeks are have 64 fish species including 11 endemics, a far wider diversity than La Réunion or French Polynesia. Among these species, *Galaxias neocaledonicus* is thought to be a survivor from the ancient fauna of Gondwanaland. The same species richness is to be found among the decapod crustaceans 37 species including 14 endemics). But it is the molluscs that hold the record for endemism: 65 species out of 81 (80%), while 100% of the *Hydrobiidae* family water snails are endemic.

Despite the fragility of freshwater ecosystems and their high rates of endemism, many alien species have been introduced. Some dozen of them are invasive or potentially so: *Pistia stratiotes*, *Nymphoides indica*, *Eichhornia crassipes*, *Typha domingensis*, *Marsilea mutica*, *Ipomoea aquatica*, *Ludwigia octovalvis*, *Cladium mariscus*, *Hydrilla verticillata*, *Lemna aquinoctialis*, *Salvinia auriculata* and *Azolla pinnata*. Seven of these already ought to be eradicated or at least controlled (see Table 6).

Species not yet present but which should be guarded against include *Egeria densa* (variously called Brazilian elodea, egeria, leafy elodea, Brazilian waterweed, anacharis) which can form a very dense carpet and eliminate the indigenous aquatic species of lakes and rivers. It is found on Easter Island and in Hawaii, New Zealand and Australia. The only elimination trials so far have used chemicals, which can scarcely be considered in New Caledonia.

As regards fish and crustaceans, most aliens are reported to have been introduced on the initiative of the South Pacific Commission for reasons of food self-sufficiency. Examples of this are two species of crayfish and 13 fish: Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*), *Tilapia zillii*, *Sarotheron occidentalis*, largemouth bass (*Micropterus salmoides*), snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*), chevron snakehead or striped snakehead (*Channa striata*), guppy (*Poecilia reticulata*), western mosquitofish (*Gambusia affinis*), swordtail (*Xiphophorus hellerii*), giant gouramy (*Osphronemus gouramy*), carp (*Cyprinus carpio*), goldfish (*Carassius auratus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The latter four species in the list have not acclimatised and the mosquitofish and *Tilapia zillii* have disappeared. Only seven species have acclimatised and could constitute a real threat to indigenous species. The largemouth bass is a particular example (see Table 4).

Table 6 – Seven aquatic plants already present in New Caledonia and which should be eradicated or controlled*				
	Other regions invaded	Impact on the environment	Eradication and control attempts	IUCN list
<i>Eichhornia crassipes</i>	South, East and West Africa, Hawaii, Fiji, New Zealand, Australia, China, Vietnam, Philippines and elsewhere	Multiples rapidly and abundantly	Chemical control poorly effective, biological control has begun	X
<i>Salvinia auriculata</i>	Native of South America, tropical, sub-tropical and warm temperate regions	Fast-growing species forming dense carpet of vegetation that reduces light and oxygen content of water, affecting plants and animals in infested areas	Chemical control possible. Biological control more efficient	
<i>Pistia stratiotes</i>	North and South Pacific, Hawaii and Guam, other islands, (lagoons, lakes, pools, drainage canals)	Can form very dense carpets. Possible consequences: : blocking of irrigation systems, favourable habitats for mosquitos, damage to fish farms	Biological control	
<i>Hydrilla verticillata</i>	Fiji, Guam, Hawaii, French Polynesia, Australia	Can form carpets in canals and sea-level pools (Fiji)	Mechanical means: limited success. Herbicides: effective but incompatible with protection of environments rich in endemic species	
<i>Lemna aequinoctialis</i>	All tropical and sub-tropical regions	Abundant in freshwater lakes, pools, canals and slow-flowing river reaches		
<i>Ludwigia octovalvis</i>	All Pacific islands	Adapts to wet soils and can grow at altitude (up to 2000m in New Guinea)		
<i>Ipomoea aquatica</i>	Cultivated for leaves: Fiji, Micronesia, Solomon Islands, invasive in Guam and French Polynesia	Can spread in rivers and fields	Herbicide trials (unacceptable in areas of high ecological value). No biological control to date	

* For further information see paper by J.-Cl. Lefeuvre.

Risks and environmental impacts

In environmental matters as in other fields, managing a crisis is always more perilous and the results more uncertain than taking preventive measures beforehand. Prevention in environmental matters involves far more than border controls, although those are essential. In New Caledonia perhaps more than elsewhere, an appropriate strategy would also involve monitoring contamination within the territory, particularly island-to-island transfers. Some species may be inoffensive in one part of the territory and invasive in another, where ecological conditions are different. Monitoring is especially necessary because the percentage of introduced species varies considerably from island to island. For example, we know that 22% of vertebrates on Grande-Terre are aliens, but that that figure is zero in part of the Entrecasteaux reefs.

FROM INTRODUCTION TO PROPAGATION

The time lapse between the introduction of an alien species and invasion proper is very variable. There are three steps in the invasion process: introduction, establishment and invasion. Introduction may be deliberate (for business or leisure purposes etc.) or completely inadvertent (see Table 7). It is far easier to control species intentionally introduced for the purposes of a major economic activity, but even that problem must not be underestimated. In New Zealand, an estimated 75% of weeds that are environmental hazards were originally introduced for horticulture.

The acclimatization (adaptation) and establishment of a species depends on many factors. The characteristics of the host environment? soil type, available host plants, degree of ecosystem fragmentation? naturally play a part. So does the type of human environment? whether there are inspections, population density etc. The characteristics of the species itself? growth rate, reproductive capacity etc.? and the genetic diversity among the individuals introduced are also important.

Table 7 – Examples of introduction pathways (source: S. Burgiel *et al.*, 2005)

Intentional introduction		Accidental introduction
Direct release in to the environment	Introductions in captivity/ controlled situations	
Agriculture	Escape from botanical or private gardens	Building, vehicles (land, air, sea)
Forestry	Zoos	Ballast
Soil improvement	Livestock raising	Cleaning of ships' hulls
Horticulture	Beekeeping	Maritime freight
Environmental protection	Aquaculture	Shipping containers
Release of fish	Pet trade	Luggages/ personal equipment
Hunting and fishing	Other trade (aquariums, pond horticulture etc.)	Farm produce
Release of mammals as food source	Research units	Contaminants in seed
Biological control		Earth, gravel, sand etc.
Food aid		Wood
Smuggling		Packaging material
Religious, aesthetic or medical use		Soiled equipment, machines and vehicles (military, construction)
		Postal mail
		Solid waste
		Aquaculture (parasites, diseases)
		Cut flowers
		Garden shops

The final stage, when the species proliferates, also depends on a combination of human and natural factors. Transport, infrastructure and land use play a major part; the building of new roads, housing developments or business estates and changes in the use of farmland all disturb the environment and encourage proliferation. There may be a latency phenomenon in biological invasion: a species introduced and established in a small area can

remain on standby for quite a long time before suddenly proliferating and causing damage. The reasons for such sudden multiplication are not always known. This phenomenon makes it all the more difficult to identify how the species was introduced and to design a control policy in consequence.

INVASION RISK

In this report “invasion risk” is defined as the probability of the entire process being completed, from the introduction of a species through naturalisation to proliferation with identified environmental damage. Assessment of this risk must incorporate the capacity of the host ecosystem to absorb the shock of an introduction, this capacity being also affected by local economic conditions. Economic factors as well as biological factors must therefore be taken into account. Most research towards evaluating probabilities of invasion focus on particularly representative species or species associated with major environmental or economic damage or damage to specific ecosystems.

In this connection there are three types of model. One is based on geographical, climatic and/or biophysical criteria. A large-scale model of this type has been made for the red ant. Based on essentially climatic data it gives an assessment of invasion probability for every country in the world, including islands and archipelagos. Other models use “gravity equations” correlating the numerical populations of invasive species discovered with economic and trade data. These look only at the data on introduction (cumulative volume of goods imported, country size, population density etc.). The third type of model starts from actual inspection data. It often uses a finer scale and considers species introduced by very specific pathways such as ships’ hulls, wooden pallets, ships’ ballast etc.

In general, invasion probability assessments have some criteria in common:

- probability increases with the cumulative volume of imports of goods and passenger travel. This concerns the first step in the process;
- it decreases over time with the probability of invasion of other similar environments or countries (i.e. a species having invaded comparable environments and not yet having invaded the environment in question is considered to have less chance of doing so);
- it correlates positively with the degree of similarity between the main trading partners and the importing country. This criterion concerns the establishment and proliferation stages;

- intermediate goods are more likely to encourage the propagation of invasive species than finished goods destined for rapid consumption. Examples are plant material such as shoots and bulbs imported for replanting.
- the likelihood of propagation depends on the number of exogenous disturbances affecting the host environment (climatic and natural events, deforestation, mining, infrastructure building etc.).

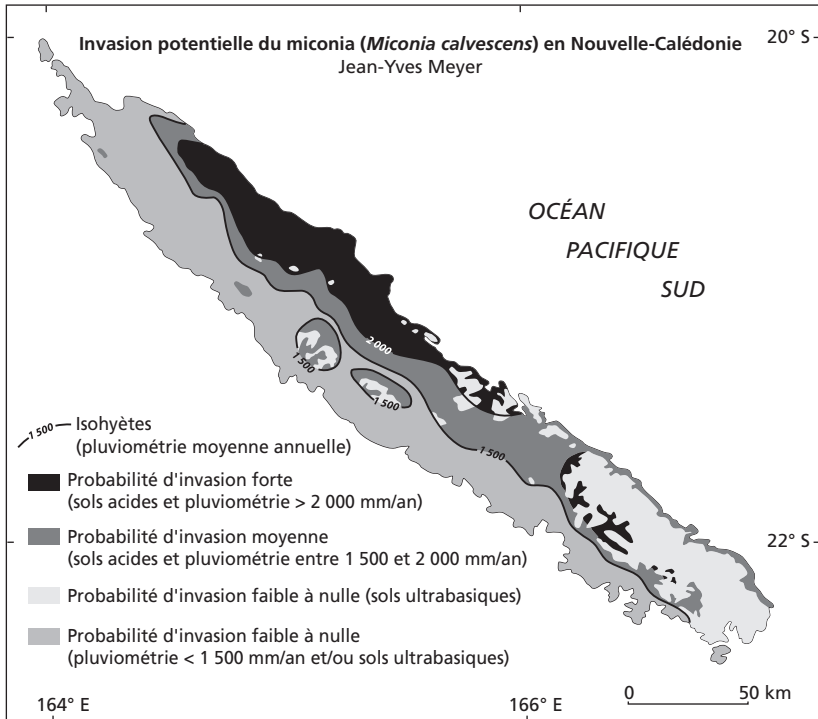
Various models have been used, especially in countries that have been particularly hard hit by invasive species (see paper by A. Thomas *et al.*).

THE DANGERS OF LAXISM

Insufficient or inefficient management of invasive species may lead to disastrous situations. The Hawaiian islands, which have an exceptionally rich ecosystem and an impressive number of protected areas, have learned this to their cost (see paper by H. Jourdan and L. Loope). The implications for Hawaii are all the greater since the tourist trade there, worth US\$ 10bn a year, depends largely on environmental quality.

One of the most formidable invasive plants is *Miconia calvescens*. In 1971, botanist F.R. Fosberg, a specialist of the Pacific region, warned the Hawaiian authorities of the danger that this tree would destroy indigenous forests. Its huge leaves cast a deep shade on any plants or seedlings growing under its canopy. In the 1980s, it colonised two-thirds of Tahiti, which has some ecological similarities with New Caledonia. But in Hawaii nothing was done until the early 1990s, despite warnings by botanists and voluntary bodies? for lack of coordination between the various responsible government bodies, lack of funds, lack of communication, etc. In 1992, the Hawaiian Department of Agriculture classed *Miconia calvescens* as a noxious weed. Today, efforts to control it are costing US\$ 2 to 3bn a year, with limited success.

If no precautions are taken in New Caledonia, a dissemination of *miconia* could have disastrous consequences. At any rate this is what is shown by a simulation based on the bio-ecological characteristics of *miconia* and geographical maps of the New Caledonian archipelago (see Figure 1): in the absence of adequate control measures, 25% of Grande-Terre could be colonised (especially the east coast and Northern Province).

**Map 2**

Potential invasion of New Caledonia by miconia (*Miconia calvescens*)

The black areas (isohyet > 2,000 mm a year) are more favourable to the formation of dense, single-species miconia forest; the grey areas (isohyet < 2,000 mm a year) may be invaded by miconia, especially the wetlands.

Other examples, again from Hawaii, of species slipping through plant nursery inspections, are the little fire ant, the coqui frog, Caribbean tree frog or common coqui (*Eleutherodactylus coqui*) and the nettle caterpillar (*Darna pallivitta*). These species are not easy to detect, and anyway are not included on the Hawaiian Department of Agriculture's pest lists. Moreover, inspections concern only approved plant nurseries. Typically, while there were 3 recorded populations of fire ant (12 hectares) in 1999, by 2004 there were

31 (76 hectares). There too, the reasons were lack of will, lack of coordination, lack of staff, weak public awareness etc. (see below for the problems posed by little fire ant in New Caledonia).

These and other examples (see paper by Lloyd Loope) illustrate how devastating the consequences can be when a new species colonises an oceanic island. They should be taken into account in thinking about the protective measures to set up in New Caledonia, given the fragile nature of its ecosystems and its similarities with other islands and archipelagos.

ONE DISASTROUS INVASION IN NEW CALEDONIA

The colonisation of New Caledonia by the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*, sheds light on the scale and multiplicity of the noxious effects an invasion can have, on the environment, animal health and human health, and also the way in which these effects impact on economic activity. Accidentally introduced to New Caledonia in the 1960s, it initially spread along with the Caribbean pine. A ubiquitous and opportunistic species with a fierce sting, it colonises agricultural land and urban areas as well as wilderness. Today, it is regarded as one of the greatest dangers to New Caledonian biodiversity.

W. auropunctata is a monomorphous species, a member of the ant subfamily Myrmicinae and is native to a zone stretching from the Caribbean to Uruguay and northern Argentina. In recent decades it has spread to many parts of the tropical belt. Today, it can be found in West Africa (Cameroon and Gabon), North America (Florida, the Bahamas and Bermuda) and the Pacific (Galapagos, New Caledonia, Solomon Islands, Vanuatu, Wallis & Fortuna, Hawaii, French Polynesia and probably Tuvalu).

The biological characteristics of the little fire ant facilitate its spread through human activity, in contaminated material. It is polygenic, nuptial flight is much reduced or zero, it is an opportunistic feeder (nectar, detritus, seeds etc.) and opportunistic in its choice of nesting site. It can move its nest quickly (and is therefore known as a "tramp species"). It uses its venom against other ant species. Even a natural disaster like a flood cannot discourage these ants: they allow themselves to be carried along by the flow. They can reproduce sexually or by cloning. However, as the queen is short-lived (11 to 15 months) and her replacement vital to the community, any

control strategy should take advantage of this fact. Another feature that can be harnessed for control purposes is the ants' dislike of excessive damp, heat and drought, which makes them vulnerable to sudden changes in local micro-climatic conditions.

W. auropunctata causes nuisance in a number of ways. Its bite is painful and followed by itching, although to date the theory that it might be a vector for pathogens has not been confirmed. However, it does affect quality of life, particularly in traditional Melanesian homes where it can nest in straw roofs and walls. It can cause blindness in domestic animals by repeated biting. Many branches of business are disrupted by its presence: tree farming, market gardening and fruit production (*W. auropunctata* entertains mutually beneficial relations with several homopteran species), stock farming etc. but also tourism and electrical and electronic infrastructures (the ants gather in large numbers in transformers, telephone relay stations etc.). As regards the environment, these ants are one of the greatest threats to biodiversity and ecological balance.

No means of biological control has been found so far for the little fire ant (see paper by H. Jourdan & L. Loope). Whether for emergency measures or long-term control, chemicals are the only solution so far: delayed effect poisons, growth inhibitors etc. In any case the first step is to draw up as exhaustive a list as possible of possible sources and pathways of invasion. Three methods can be used to manage the ant: eradication, control (with confinement to areas already colonised) and palliative measures once the invasion has spread widely. Both the chemicals and the logistical operations are costly. Moreover, the success of the strategies adopted partly depends on a collective sense of responsibility, and community involvement, which requires a media campaign using the newspapers, TV, leaflets distributed in sensitive areas or at points of entry to the territory, etc., and information and education drives.

INVASION RISK IN NEW CALEDONIA

Environmental conditions in New Caledonia are relatively propitious to biological invasions. From the limited number of entry points to Grande-Terre (the ports and airport), it is fairly easy to describe the possible pathways. Typically, taking the example of intentional introduction of ornamen-

tal plants, these are carried by road to Nouméa and the medium-sized towns. Low population density appears to be an aggravating factor: where houses are thinly spread there is little to prevent a species from spreading from them into the wild. Exploitation of the last patches of primary rainforest, with an increasingly dense network of roads and tracks, is propitious for plants and animal invasions. Some invasions are directly linked to mining activities, as with the rehabilitation of denuded mining areas by two invasive species, gaiac (*Acacia spirorbis*) and casuarina (*bois de fer*).

In 2004 Keith Budd analysed the strengths and weaknesses of the surveillance system in New Caledonia. Here we will only mention the weaknesses. Keith Budd points in particular to shortcomings in the monitoring of several specific pathways and lack of coordination between different authorities responsible for surveillance. Insufficient knowledge of local biodiversity makes it difficult to identify organisms that are potentially invasive. Keith Budd identifies three introduction vectors to be monitored as a priority (ships, shipping containers and imported machines), and recommends reinforcing checks on all access pathways (see Table 8)? especially as New Caledonian strategy so far largely transfers the burden of risk prevention from the point of entry to the exporting country. This strategy leaves the door wide open to invasions if the rules of certification and declaration are not complied with.

Given the nature and volume of trade and business in New Caledonia (see p. 167), rigorous identification of control points is decisive for combating invasions. The HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) system provides a suitable framework for this. Based on evaluating the risks of introduction, establishment and proliferation, this approach incorporates seven principles (see paper by A. Thomas *et al.*).

The two main principles concern the control points themselves, which can be classed into three groups:

- Pre-border controls: these entail additional costs for the consumer (inspection / verification by exporting country) but compensate for the lack of equipment or customs staff in the importing country;
- Border controls: these are the most frequently used. Some countries, e.g. Australia and New Zealand, adopt even stricter measures requiring an environmental impact study of any species introduced.

Table 8 – management and control of entry pathways to New Caledonia (source: K. Budd, 2000)

Controlled entry vectors and pathways				
Vector/pathway	Control 1	Control 2	Control 3	Shortcomings
Aircraft	Insecticide spray	Inspection if aircraft	Galley waste	Management of aircraft kitchens and waste
Passengers	Declaration	Sniffer dogs	Targeted search	No X rays
Animal products	Product code for customs tariffs	Certification	–	No inspection
Ships (direct access)	Notification	Certification	Inspection	No ballast inspections
Partially controlled entry vectors and pathways				
Second-hand machines and vehicles	Inspection	Treatment	–	No reference to customs tariff
Mail and parcel post	Declaration	Targeted search	–	No X rays or sniffer dogs
Coastal shipping	Notification	Certification	Random inspection	Absent from provincial ports
Imported plant produce	Customs tariffs	Certification	Inspection	Lack of inspection equipment and practice
Uncontrolled entry vectors and pathways				
Shipping containers	–	–	–	No inspection or certification. No checking of pallets
Household effects	Customs code	–	–	No targeted search or inspection
Live plants	Customs code	Certification	Inspection	No ex post quarantine
Smuggled goods	Notification	–	–	No collaboration between authorities for staff training

■ Post-introduction controls: two main types of control point are generally proposed, those concerning infrastructure projects (roads, mines, etc.) and those intended to protect wildlife reserves, nature parks and other protected areas.

It seems that the probability of people accidentally introducing a species is limited, and that the species introduced in this way are usually insects or seeds arriving in personal belongings or household goods in the luggage hold, which are less closely inspected. The probability of deliberate or accidental introduction of animal species or animal products also seems low, but not negligible (see p. 175, Table 4, non-native vertebrates). Plants are a different matter: there is no *ex post* quarantine, personal belongings are not checked, and the ornamental plants trade is growing fast (see p. 167). There is also a high probability of intentional introduction by post of seeds, bulbs and tubers. As to the probability of establishment and propagation (i.e. rate of success of an introduction), this is high for the reasons given above: environment, infrastructure, economic activity etc. The most worrying problem concerns the likelihood of other islands being invaded from Grande-Terre. It is clear that no official measures can entirely remove the risk of species being introduced.

Evaluating economic impacts

Should a value be put on nature? On what basis can it be evaluated? Although disagreements persist as to the legitimacy of such evaluations, many economists think that economics can usefully be applied to the mechanisms leading to destruction of natural environments. Ecological and human systems are closely intertwined. The aim of an evaluation is to provide tools on which to base environmental policy. But there has to be agreement as to the methods and criteria to apply. For the United States, different studies estimate the annual cost entailed by alien species at values ranging between US\$ 1.1bn and US\$ 138bn (though it is reasonable to suppose that the real cost is nearer the top end of this range). Nonetheless, such a wide margin shows the need for a proper understanding of the principles and limits of each type of economic analysis in environmental matters.

Traditionally, this kind of analysis distinguishes between two major types of value for ecosystems: use value and non-use or passive value. Use value applies to ecosystems that provide goods and services, either for direct use, like production of a resource, or indirect use, like carbon storage capacity. Non-use value reflects the importance of resources that are not destined for use: existence value (e.g. the Bengal tiger), or heritage value (for future generations). A third type of value is option value, which provides a way of reflecting the idea of value for future use. The total economic value (TEV) is a combination of these three. Even so, it is practically impossible to give a value to a species or ecosystem. For example, not all species are considered equal: the last surviving members of a species may be attributed a higher value than a more abundant species. It must also be borne in mind that the economic value of an ecosystem is always limited to a utilitarian and anthropocentric approach.

COSTS AND BENEFITS OF INVASIVE SPECIES

One of the difficulties encountered in assessing the economic impact of an invasive species is that often there are two sides to such impacts: a species may be detrimental to biodiversity yet a source of income for the

Table 9 – Estimated annual cost generated by introduction of non-native micro-organisms into the United States (source: Pimentel *et al.*, 2000)

Micro-organisms (20,000 species introduced into USA)	Losses and damage (US\$ millions)	Cost of control (US\$ millions)	Total (US\$ millions)
Crop diseases	21,000	500	21,500
Diseases of ornamental, garden and golf course plants	–	2,000	2,000
Forest pathogens	2,100	–	2,100
Livestock diseases	9,000	–	9,000
Human diseases	–	6,500	6,500

country's economy. Examples are some species introduced for agricultural or horticultural uses. The fact that a species is introduced intentionally or unintentionally cannot tell us whether it will have a positive or negative impact. Some deliberately introduced species cause considerable damage (e.g. the Nile perch in Lake Victoria in Africa), while accidental arrivals may prove to have an economic value greater than the problems they cause.

Economic impact can be split into two categories: market impact (variations in price and associated surplus) and non-market effects. The cost of non-market effects can be considerable, as Table 9 shows.

Impacts on ecosystems and public health are part of non-market costs, as are impacts on economic activities that exploit natural resources (crop losses, fall in land values, impact on water resources, livestock diseases, genetic contamination, management and eradication costs). Damage to infrastructure is another example, as with the zebra mussel's colonisation of hydro-electric power plant and pipes in the Great Lakes region of North America.

COST-BENEFIT ANALYSIS METHOD

The purpose of cost-benefit analysis (CBA) is to study the relevance of a set of regulations. It weighs up against each other the economic conse-

quences of the regulations (in terms of market functioning) and the benefits generated by the resulting risk reduction. Once scientists have assessed the risks? the probability of invasion and the expected environmental consequences? CBA offers policy makers a choice between several forms of intervention. The aim is to quantify in monetary terms the total of gains and losses connected with risks of invasion and policies for controlling these risks and to provide information on the relative efficiency of different risk management instruments. This tool naturally has its limits, and circumspection is called for when moving from economic results to prescribing environmental policy (see below, "strengths and weaknesses of CBA"). Although many international organisations and government agencies recommend the use of CBA it remains open to criticism, its relevance to biological invasions particularly.

Cost-benefit analysis in environmental matters consists of evaluating the expected environmental impact of a particular policy scenario (e.g. inaction, an information campaign or introducing regulations). The aim is to put in perspective the expected benefits of reducing the risk and the cost of introducing a public policy. This assumes that it is possible to estimate, for each scenario, the probability of an invasion (depending on the natural, economic and regulator parameters, see p. 189), the nature and extent of possible environmental damage (depending on the same parameters), the value this damage represents for society and the benefits of preventing or reducing the damage. If the species introduced has beneficial effects, these must either be included in the environmental impact assessment (stabilisation of soils, recreational value of forests, etc.) or accounted for separately if they are marketable benefits.

The quantification work must express all the effects of a biological invasion, both market and non-market, in terms of the same unit of value. For the sake of simplicity, a discounted monetary value is usually used so that the costs engendered by a project at different time horizons can be compared. The idea is to bring all values down to a single unit of measurement, which is usually the current value. However, there is some controversy over this practice in environmental projects because it tends to underestimate the future beneficial effects of a conservation programme (see paper by A. Thomas *et al.*). These benefits are often expected in the medium or long terms whereas the costs are immediate.

A cost-benefit analysis is conducted in stages. The agents to be considered in the analysis must be decided on (costs and benefits for whom?). The

regulatory measures envisaged must be identified. An inventory of all the potential impacts of these measures must be drawn up (environmental effects, market effects), using suitable indicators to measure them. The next stage is to give an economic value to each impact, discount the future costs and benefits, and add the discounted values. Then comes the “sensitivity” study to test the robustness of the analysis. It is then possible to recommend the regulatory option that will provide the greatest net social benefit.

The inventory is a tricky stage, especially as regards measuring market effects. Market effects take account of the fact that public intervention to control an environmental risk is not neutral but has repercussions on supply and demand and hence on variations in the surpluses of agents, which must be included in the cost-benefit analysis (see paper by A. Thomas *et al.*). Some risk situations may be analysed as market failures which public policy instruments can correct (obligatory standards for producers, information policy to improve perception of risk, ecotaxes, civil or environmental responsibility policies). These instruments affect producers’ cost structures and consumer demand.

Most relatively complete studies giving values for cost-benefit ratios of policies to control invasive species are from South Africa or the United States. Biological pest control in South America is a leading example, where the cost of research amounted to US\$ 3 million between 1997 and 2000. But the ratio between the benefits of the programme and its cost, for a particular invasive species or region, is high: close to 1,130/1 for keeping the water fern *Azolla filiculoides* under control, for example. Other examples are the cactus *Opuntia aurantiaca* and control measures for *Acacia saligna*. The cost-benefit ratio of eradication programmes in watershed catchments are between 6:1 and 12:1, while those associated with plantations that cannot be economically exploited are between 360:1 and 382:1 (see description of all the examples in paper by A. Thomas *et al.*). Such values should be treated with caution, because these analyses tend to overestimate the likelihood of success of an eradication policy.

Incentive measures play a crucial role. The failure of the 1999-2001 eradication campaign against the banana bunchy top virus in New Caledonia was probably largely due to the lack of sufficient incentives. Whatever the benefits expected from a risk management policy in theory, its effectiveness depends on efficient implementation. In the case of bunchy top, the population clearly did not play the game. Individual incentives did not persuade

the public that it was worth taking part: the compensation per plant was considered small, there was a mandatory waiting period before people could replant, families whose plantations were destroyed were uncertain about the conditions on which they could obtain healthy plants, etc. Further, plantation destruction deprived farming families of a staple food for a long period. This example illustrates the importance of more thorough examination of the socio-economic effects of invasive species eradication and management policies in general.

There is also the matter of cost sharing. Official action will not succeed unless polluters have a genuine incentive to take social costs into account (cost internalisation). This is the aim of such economic instruments as eco-taxes and civil and environmental responsibility. Different variants of the polluter pays principle may be envisaged, though attention must be paid to market effects. One of the aims must be to set up instruments that discourage neither trade nor tourism, but are sources of income intended to finance inspection, prevention and control measures. Biological invasions are perhaps the only externality in international trade which, to be properly controlled, would require a reduction in trade. This argues for a tax. Some authors argue that the best policy would be to calculate an ecotax. This would be similar to what economists call a Pigouvian tax. Part of it would be a contribution corresponding to the marginal damage of an introduction, the rest a contribution to inspection costs.

COST-BENEFIT ANALYSIS IN NEW CALEDONIA

Before any cost-benefit analysis is carried out, agreement must be reached on what policies are to be considered. These are then compared with scenarios of probable events. The scenarios give greater or lesser probabilities of a species becoming established or proliferating in the case of species already introduced, and greater or lesser probabilities of introduction in cases where this has not yet occurred. Given the many types of invasion possible? different species, different stages of establishment with different probabilities, etc.? it is generally wiser to plan for a combination of environmental policy instruments (see Table 10). Some may serve to help finance others, e.g. income from taxing imports or passengers can provide funds for inspection and quarantine services.

Table 10 – Invasive species control policies and scenarios

	Measure	
	Slight damage expected	Severe damage expected
Species not yet introduced	<ul style="list-style-type: none"> – Certification – Customs inspections 	<ul style="list-style-type: none"> – Responsibility fund – Tax on imports – Quarantine
Species introduced and established	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptation – Surveillance – Awareness campaigns 	<ul style="list-style-type: none"> – Solidarity fund – Tax on ornamental plants
Species introduced and invasive	<ul style="list-style-type: none"> – Adaptation 	<ul style="list-style-type: none"> – Eradication (biological, mechanical or chemical control)

A responsibility fund concerns exporters of goods who have provided a prior phytosanitary certificate. Funds are provided by payments prior to import, in proportion to the value of the goods. If a species is found to have been introduced and it is proven that it came from a particular importer, the payment is not refunded. This fund functions as a strong incentive to exporters. But there is the problem of proof, which has led to some rather more sophisticated plans (see paper by A. Thomas *et al.*). The advantage of such a system is that considerable funds are immediately available to support a more vigorous policy of quarantine or inspection, or to finance eradication measures.

The idea of a solidarity fund assumes shared responsibility. Funds come from the public authorities and other concerned parties (importers, some categories of local producer, etc.). It is used for control measures against species already introduced, partly covering the cost of eradication and awareness/communication campaigns. It has no incentive effect, however.

The tax on ornamental plants is an example of an ecotax or a special Pigouvian tax. It taxes local commerce. It embodies the idea that damage due to naturalisation or proliferation of non-native ornamentals should be paid for from the profits generated by the ornamentals trade. A particular problem is posed by the supply of seeds, bulbs and tubers by post, increasingly frequent with the development of e-commerce. The efficacy of these measures is therefore based on the authorities' ability to inspect mail. Failing adequate human

and technical resources to do that, an “indirect” tax could be applied, e.g. based on turnover, but this method may create severely disadvantageous distortions.

Any policy on introduction of alien species must be adapted to each vector and associated entry pathway (import taxes, quarantine) and species (certification, inspection). On the other hand, a solidarity fund, responsibility fund or import tax does not depend a priori on the species concerned. For species already introduced, measures must be managed according to the species identified (monitoring, awareness campaigns). If the overall aim of policy is to prevent further invasions while eradicating or adapting to species that have already become established, the question is how to arbitrate between “traditional” prevention policies (border measures, quarantine etc.) and new measures. In particular, the probability of invasion may be significant for some access pathways (see Table 8).

Once a set of policies has been selected, based on technical, legal and administrative feasibility, their cost must be assessed? mean annual cost for the first years based on net discounted values. These sums are then compared with the expected benefits, particularly in terms of protecting the local ecosystem and the various use values. One important parameter to consider is the probability of success: that is what will ultimately determine the damage prevented compared to the cost of the measures.

Data gathering is a key point. This means finding all the necessary data for establishing the cost-benefit ratio of the policies under consideration. These data include data on damage caused by the invasive species (directly assessed or from the value of the natural resources used). The value of biodiversity is doubtless the most difficult and costly to obtain, which may mean that several levels of damage calculation must be used (with or without the value of the biodiversity). A second data set concerns policy costs. These must incorporate, among other factors, the impact on the final consumer if new instruments such as ecotaxes, solidarity funds etc. are introduced.

Who bears the cost will vary according to the instrument chosen. Ecotaxes are mainly paid for by the end consumer, the direct cost to the authorities being very minor. For inspection and quarantine policies, New Caledonia will probably make major investments in equipment, and especially staff training. It is easier to quantify variations in cost to be expected from introducing an extended policy (as with pre-border or border controls).

Also, given the scale that postal imports have reached, a major investment is required for mail inspection (X-rays, staff training). Private persons' activities are harder to keep check on; there detection must be based on inspecting mail on arrival and checking import declarations.

STRENGTHS AND WEAKNESSES OF COST-BENEFIT ANALYSIS

Cost-benefit analysis is the only approach with a theoretical grounding (in terms of theory of decision in situations of limited or imperfect information) and it involves seeking out all the scientific information available in order to improve decision aids. But the method has drawbacks as well as advantages. One problem is the need to provide a realistic distribution of the events the authorities are seeking to control. Similarly the probability of success of a control policy may be overestimated in the analysis, and this will give exaggerated benefit-cost ratios. CBA is certainly useful for its exhaustive a priori coverage, but in practice it rarely gives reliable and robust predictions in terms of policy choice. And it is very demanding of data (see box).

Data required for analysis of one management policy on one invasive species (non-exhaustive list)

- mean current value of biodiversity in the territory
- value added use of natural resources by agriculture, trade and industry
- value-added use of existing resources by tourism
- geographical proportion of regions and territories potentially affected by the biological invasion
- proportion of above value-added uses suffering loss in connection with the invasion (or likelihood of invasion)
- fixed costs of policy (investment in buildings and other fixed factors, training and education)
- variable costs of policy (staff, intermediate consumption)
- data required for evaluating market effects (household and industrial demand, international trade flows, substitute products, etc.);
- probability of success for the policy
- discount rate to be used for calculating net discounted value of costs and benefits
- weighting coefficients to be used in calculating the sum of benefits for different actor categories (rural and urban populations, manufacturers, importers etc.).

But the most serious difficulty concerns the reliability of the analysis for evaluating environmental benefits, which concerns non-market goods not usually involved in any monetary transaction (see details in the paper by E. Gozlan *et al.*). One solution, where possible, is to base calculations on the value of associated goods that do have a market value? identifying revealed preferences. This is called the revealed preferences approach. Without benchmarks of this kind, one can conduct consumer opinion polls, asking people to imagine themselves in a fictitious use situation involving prices and use costs. This type of fictitious market study gives information about declared preferences rather than preferences revealed by actual behaviour. Guidelines for such surveys have been adopted internationally, with a relatively strong consensus; these are the NOAA Contingent Valuation Panel guidelines of 1993.

Another difficulty is the very concept of environmental benefits. Critics point out that the cost-benefit analysis concerns non-market goods. Other critics reproach CBA for failing to take account of the interests of future generations. But the most frequent criticism is that the reasons most likely to drive environmental policy are difficult to quantify: ethical, psychological or religious considerations can scarcely be given a monetary equivalent. Further, relying on an evaluation of society's preferences may not always be the best way to ensure respect for these considerations. And finally some writers criticise CBA for its inability to take account of the redistributive aspects associated with official policy. This criticism is not well founded, however.

A final point of ongoing debate among economists is the conceptualisation and valuation of non-use values. Many authors doubt the very existence of such values, or at least doubt that the values attributed are at all meaningful. The existence value of a resource should in their view only be considered in terms of their use by future generations: it is because a resource could be utilised in future that it has an existence value today. In the applied economics literature, non-use and existence value are generally treated as a use of natural resources that is not yet profitable, but which could become so if market conditions proved favourable.

ALTERNATIVE METHODS

In practice, it is usually a matter of choosing between a method that is satisfactory but very demanding of data (CBA) and a more robust method.

What is needed is a decision criterion that is affected as little as possible by the degree of imprecision in the methods. In other words, if the estimations used in the CBA are too imprecise, it may be better to consider criteria that are less restrictive but require fewer data.

One alternative method is based on the precautionary principle (Rio Declaration of 1992), which defines a framework for behaviour with regard to an activity that endangers the environment. The principle is that one should not wait for scientific proof of a causal link or of the extent of the damage before taking preventive measures. This principle is sometimes confused with an attempt to achieve zero risk, which would be incompatible with economic growth and the well-being of societies, which partly depends on innovations and their dissemination. A less restrictive view is to select decisions that are reversible or can be corrected in future. This means introducing an important concept into dynamic models with uncertainty? that of option value (see paper by E. Gozlan *et al.*). The option value is the difference between hoped-for discounted value following a decision after resolution of an uncertainty, and ex ante discounted value in a situation of uncertainty.

In practice, the precautionary principle should thus result in arbitrating between two risks: the risk of taking decisions too late (possibly resulting in major damage) and that of taking over-hasty decisions (and so holding back economic growth). The debate over CBA versus precautionary principle approaches is not yet settled. The partisans of CBA seem to favour the hypothesis that catastrophic risks (climate change etc.) are still very unlikely and that our societies have time to prepare for them. Its detractors consider that in the absence of reliable probabilities for the various scenarios, it is impossible to calculate the likely damage. A compromise of sorts involves sufficiently tempering the precautionary principle to make it equivalent to an extension of the CBA in which risk aversion is taken into account.

Another method, cost-efficiency analysis, unlike CBA, considers the environmental goal as an exogenous datum. Unlike CBA, which assumes that policy costs are known and their benefits uncertain, cost-efficiency analysis assumes the flexibility to lie in the cost, for a predetermined future benefit. One example of this approach concerns the goal of reducing greenhouse gas emissions (Kyoto protocol). In some cases this approach may be more robust than CBA, particularly if the benefits to be expected from a set of measures are poorly known.

A last type of approach, based on reducing risk to a minimum, looks at extreme events in the distribution of probabilities connected with the risks studied (see paper by E. Gozlan *et al.*). Typically, the safety first strategy means deciding on a policy that minimises the probability of an unfavourable event.

SUITABLE METHOD(S) FOR INVASIVE SPECIES

Uncertainty, in the case of invasive species, has less to do with the possibility of damage occurring than with its extent and the efficiency of any preventive measures applied. CBA can provide a transparent, objective framework. As a principle, this method has been widely adopted as a decision guide in matters of plant health. It is a fully-fledged risk management tool in the recommendations of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), in the United States and in Australia. The New Zealand Biosecurity Act of 1993 describes the process of applying CBA to quarantine decisions. European regulations recommend it as an approach for decisions about damage to biodiversity (European Commission, 2000). The CBA principle is altogether compatible with the use of white lists or blacklists.

Where data are lacking, several practical alternatives consistent with the CBA approach are possible. The White Book on environmental responsibility suggests using a “reasonableness” criterion. This means taking into account a subjective consensus on the reasonableness of managing a risk in view of what is known about the problem. This approach is very suitable where a quick decision is needed to avoid an out-of-control invasion. It is similar to a precautionary approach, prevention being generally less costly than cure. However, how best to divide a limited budget between preventive measures and post-introduction control measures is not a trivial question and is in itself a dilemma for the policy maker (see contribution by E. Gozlan *et al.*).

Be this as it may, the search for an optimum prevention and control strategy for invasive species cannot be reduced to a problem of data availability. For example, the simplicity of the basic CBA principle (at least in its most basic version) masks an assumption that all interest groups carry the same weight, and that the policy maker is indifferent to their relative positions. This is a hypothesis about the policy maker's preferences. CBA aims to classify different possible control policies regardless of whether the decision

makers are in favour of them (it is a positive criterion, not a normative one). The other strategies we have discussed incorporate more sophisticated policy maker preferences. In fact each strategy reflects the implicit or explicit preferences of the authorities.

In New Caledonia, the range of policies or measure considered is still narrow: a quarantine policy to be redefined with the establishment of white and black lists, inspection of shipping containers and postal parcels, eco-taxes. If the aim is to limit the risks due to inadequate application or control, a "safety first" approach should be taken. In this case garden shops and nurseries are no doubt the most affected. For example, a white list of species whose import is authorised means prohibiting all those whose innocuousness has not been proven. The cost of precaution is thus borne by those sectors that would benefit from their introduction, and no CBA is performed to justify their loss of income. One argument in favour of this approach would be that it encourages the parties concerned to get involved in producing the missing data. But if the authorities prefer the highest possible total unweighted benefit, they may prefer to spread the costs more widely (tourism, general imports), at the price of greater uncertainty as to the real benefits of the policy.

Lastly, it is clear that the decisive factor must be the urgency of the issue. If the New Caledonian authorities want to combat efficiently (in terms of use of public funds) invasive species that have already been identified and ranked in order of dangerousness, then they should wait for more scientific information. In other words, a cost-benefit analysis worthy of the name takes time, and that time may or may not be precious. Further, the fact that species often have a latency period before proliferating sometimes makes it harder to identify which introductions should be prevented. On the other hand, if the situation is already considered sufficiently urgent for the precautionary principle to apply, criteria such as those presented above can be used to assess the suitability of short-term policies on the basis of limited scientific information. Though less efficient in the long term, these measures will make it possible to avoid an increased probability of ecological disaster due to irreversible consequences of an invasion.

Control strategies

Despite the often considerable resources devoted to combating an invasive species already present, success is by no means certain, whether the means employed are mechanical, chemical, biological or ecological (i.e. overall ecosystem management, favouring endemic species and disadvantaging invasive species; wildfire control is one example). The best protection is certainly prevention. This can be done in a number of ways. The most radical form of prevention is to exercise rigorous control over points of access to the territory to avoid any introduction of species already known elsewhere for their invasive potential. Should such a species be already present without its invasive potential being known, its development and possible spread must be closely monitored.

One of the difficulties is that there is no generic biological description of invasive species by which to identify them with certainty and so keep ahead of the situation. However, there are some plausible correlations between invasive potential and particular characteristics that justify prudence. Apart from their ability to adapt to disturbance of the environment where they are established, invasive species only demonstrate their invasive potential in the field. Taking account of the problem only when an invasion has occurred leads to tragic situations on the biodiversity side but also in economic terms. The cost of eradication can be enormous, and sometimes out of all proportion to the land area affected.

FROM DETECTION TO SURVEILLANCE

The earlier an invasive species is detected, the less costly will be eradication or control. Once a species has been introduced the best that can be done is often a defensive strategy to control it, which is often very costly. However, there is no reason to stop quarantine measures once the presence of a noxious species has been detected. Genetic variability within a species could produce a new and even more damaging variety. But it is vain to hope to detect all pests (weeds included) everywhere in the territory. Detection

should be targeted, and based on reference lists like that of the IUCN. It should also be based on better cooperation between the public and private sectors. For example, in Australia, industry biosecurity plans have been drawn up. For each noxious or potentially dangerous species these plans detail the different stages of the measures to take, including quarantine protocols, controlling movement and eradication.

Detection at ports of entry and along transport routes within the territory is decisive. This requires qualified staff and cooperation between the public and the authorities. In Australia the costs are shared, which encourages farmers to react quickly. Vigilance must be particularly constant in areas of high population density, and it is useful to pool efforts regionwide. All those concerned must be alerted to the issue. For example, nearly 75% of new taxons naturalised on Australian soil have been intentionally introduced, mostly for ornamental purposes, so gardeners' clubs and botanical societies need to be alerted. Invertebrates are usually introduced accidentally, and can be detected using existing pest lists (for arthropods, various trapping techniques seem to be effective). Detection of new diseases requires regional networks capable of promoting awareness among the communities and economic actors concerned.

More generally, raising awareness by disseminating pictures of suspect species, e.g. on posters, is relatively effective. Images of and information about noxious species are available from various online databases (see paper by A. Sheppard *et al.*). Australia, New Zealand and South Africa have been pioneers in programmes of public education designed to provide early warning of the presence of high-risk species. The French have developed a simple online plant identification system.

As regards active surveillance it will help to review the state of knowledge on the biology, epidemiology etc. of potentially harmful organisms. Since only a small proportion of non-native species prove to be invasive (see the rule of tens described in the introduction), priorities must be set. This is the aim of a surveillance system. For most introduced invertebrate pests and crop diseases, strategies of eradication or at least containment should be almost immediate. For weeds, reactions are generally slower as the process of establishment and naturalisation is usually far slower. But this type of management is damaging because in the long run economic losses due to weeds are significantly higher.

The example of weeds sheds light on some rules that internal risk assessment systems must obey, as decisions are made at an increasingly local level. These systems are based on border assessment systems. The selection of internal weed-risk assessment systems must consider the spread stage(s) of all pests being compared, impacts on the affected systems, the likely benefits (and beneficiaries) of control efforts and the quality of the available information (see Table 11). These factors vary between countries. Sometimes a country uses several systems combined. A single system applicable on a large scale cannot be recommended until the goals have been clearly defined (see paper by A. Sheppard *et al.*).

Table 11 – Main systems used for internal weed risk assessment and prioritizing

Author(s)	Approach
Champion et Clayton (2001)	<i>Scores for plants ecology, biology, and weediness of aquatic weeds</i>
Esler <i>et al.</i> (1993)	<i>Sums scores for ability to succeed with a score for weediness</i>
Hiebert (1997)	<i>Weighs relative impact against ease of control and cost of delay</i>
Randall (2000)	<i>Scores for invasiveness/ impacts/ potential distribution/invasion stage</i>
Tucker et Richardson (1995)	<i>Models attributes of species and matches them with environment</i>
Timmins et Owen (2001)	<i>Explicit weed-led approach cf. site-led. Considers value of area potentially impacted</i>
Virtue <i>et al.</i> (2000)	<i>Multiplies scores for invasiveness, impacts, and distribution (current and potential)</i>
Wainger & King (2001)	<i>Relates likelihood of damage/defined functions of landscape/and the scale of threat to appropriate response</i>

There are various factors to take into account in monitoring a species. It is worth examining the behaviour of related species if such information is available. It is also useful to have an approximate estimate of the species' rate of spread (a determining factor for a possible decision to attempt eradication). Biological characteristics are another factor: certain biological features may have proven favourable to invasion in other parts of the world. The timeliness of detection, the mode and rate of reproduction and the dispersal potential are also factors to consider. Climate is also important, since this can be a barrier to the spread of a plant imported from other latitudes. The behaviour of the human population also plays an important part, especially when an otherwise noxious species seems to be useful for certain industries. Lastly, the choice of priorities must be based on an assessment of potential impacts, which can be done from historical data from other regions.

To set priorities, i.e. identify the species it is most important to keep under control, a scoring system is used analogous to that used for border surveillance. Classification systems differ in the information they require and the structure of their internal rules, the simplest being to attribute numerical values to a set of criteria².

The effectiveness of surveillance depends on a practical, quantitative response following detection. On the island of Maui, Hawaii, an early detection project was introduced under a cooperation scheme with the US Geological Survey and the Maui Invasive Species Committee (MISC). Under this project a list was drawn up of some hundred potentially invasive weeds, either weeds known to be invasive on other Hawaiian islands or locally cultivated plants known to be invasive elsewhere. Nearly 2000 km of road were inspected and over 16,000 observations of target species recorded. For 79 species, some 1000 off-road sites were added with the help of field botanists. This action was an essential starting point for the MISC's eradication efforts.

A new approach, using "sentinel sites", is being applied experimentally in Australia. It consists of selecting urban areas and national parks where there are numerous alien plant species, most of which are potentially invasive. Assessments of density and biomass were made, then repeated three years later to classify the species according to the trends in these parameters. In general the assessment efforts made in Australia have increased the

² see e.g. http://www.affa.gov.au/image3/market_access/biosecurity/animal/wraman1.gif

detection rate. This is important, because early detection makes it possible to rapidly implement eradication or containment strategies and so reduce economic losses and environmental impact (see box).

The value of early detection: the red imported fire ant in Australia

The Red Imported Fire Ant (RIFA) was discovered on Fishermans' Island near Brisbane, Australia, in February 2001; 40,000 ha were already infested. This ant had been declared a pest under the Plant Protection Act in 1989. It is now mandatory to declare its presence. In September 2001, a fire ant control centre was set up and a major nationally funded eradication programme was launched. This programme was set up by the Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, with the support of the Agricultural Resource Management Council of Australia and New Zealand. The first eradication campaign took place in October 2001. Six months later, regulations were introduced to restrict movements of materials liable to spread the fire ant. At the same time massive public awareness and education campaigns were undertaken. In April 2004, the programme received an additional 37.5 million Australian dollars to extend the eradication campaign by one year and treat a new area. The total budget for a six-year period has been AU\$ 175.4 million.

The red imported fire ant can cause a wide range of damage to animals, human health, industrial infrastructures, farming and horticulture etc. (see paper by H. Jourdan). The Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics undertook a cost-benefit analysis in 2001 to estimate the usefulness of an eradication, programme. This analysis showed that the cost to society would reach AU\$ 8.9 billion over the next thirty years unless the ant was brought under control. The cost-benefit ratio of the programme was estimated at 25 to 1 (based on the sum of AU\$ 124 million for a five-year programme).

If nothing was done, it was variously estimated that the ants would colonise 600,000 km² to 4 million km² by 2035. It is thought that they had been present for ten years before they were discovered. The delay in detection explains how they were able to spread from Southeast Queensland. Today, treatment is being carried out on limited sites covering 30,000 hectares and surveillance continues elsewhere. At this stage, no one can tell how long eradication may take.

ERADICATION SUCCESSES AND FAILURES

Eradication is highly controversial issue. Some consider that it is rarely achievable, often entails exorbitant cost and can cause substantial damage to non-target organisms. Others think the choice between eradication and control is like the choice between paying outright and paying in instalments. In this view control is the worse choice because it involves investing public funds over a long period and with no closure date set in advance. The same people argue that if eradication is undertaken early enough it has every chance of succeeding, and that subsequent control amounts to only routine surveillance. Nonetheless, some objections (like the problem of collateral damage) may be so serious that government action is required.

When should eradication be undertaken? There is no doubt that early detection of an invasive species is decisive. Some authors suggest a maximum infested surface area as a criterion, the logarithm of the cost increasing linearly and rapidly with the logarithm of the area. In California, for example, it would appear that out of 50 infestations by 16 weeds, few eradication projects involving areas of more than 1,000 hectares have been successful. However, other writers dispute this upper limit. Recently six criteria for success eradication have been suggested (see box).

The six factors for successful eradication (from Myers *et al.*, 2000)

- sufficient resources to finance the programme to completion (costs can be high when damage is already widespread);
- a clear authority, necessary for authorising a person or administration to take all necessary steps including access to private land;
- use of a biological approach to decide which species should be treated in this way (dispersal capacity, mode of reproduction, historical data etc.);
- vigilance with regard to any risk of re-invasion;
- the possibility of detecting the species at low densities;
- vigilance with regard to any negative reaction by the ecosystem (e.g. proliferation of another noxious weed).

Certain species characteristics can facilitate the work. It is easier to detect large mammals than small insects, large plants than small. With plants, some biological characteristics such as a high rate of reproduction and dormant seed banks are major drawbacks. In any case scientific analysis of the results must be encouraged, so that decisions are made on the basis of scientific rather than political criteria. For reasons unrelated to scientific rationality, governments tend to favour eradication programmes and to continue them even if complete eradication seems impossible.

The economic equation is complex. It is often pointed out that the cost of eliminating 99% of a target population is less than the cost of efforts to totally eliminate it (see paper by A. Sheppard *et al.*). This may lead the authorities to reduce their funding, as happened in Florida with management of hydrilla (*hydrilla verticillata*). Ideally, a full cost-benefit analysis should be performed before deciding to attempt eradication.

Cost-benefit analysis in the natural resources field is a complex undertaking (see p. 199). In the case of invasions, it is difficult to predict their progress or the effects of different management measures. In 2004, a conceptual model for agricultural and natural ecosystems was put forward. It takes account of the intrinsic rate of spread of the invader's range, the cost per unit area of controlling the invasion, and the damage per unit area caused by infestation. It identifies a threshold (to be determined) beyond which the colonised area is too large for successful eradication. However, economic analyses of this kind should include the risk of spread to other areas.

Eradication is more likely to succeed on islands, small islands especially. Many successes have been recorded on islands around the world. With weeds, the most successful eradication campaigns on Pacific islands have been achieved where detection occurred early on. Among the species eradicated are the octopus tree (*Schefflera actinophylla*) in Palau, *Antigonon leptopus* on Niue, and in Hawaii the ivy gourd (*Coccinia grandis*), Jerusalem thorn (*Parkinsonia aculeata*) and fountain grass (*Pennisetum setaceum*). Other successes have been achieved in New Zealand. Commensal rodents (Pacific rat, brown rat, black rat) have been eliminated on more than 90 islands over the past forty years (see other examples in the paper by A. Sheppard *et al.*).

Not all attempts are successful. A classic case is that of common crupina (*Crupina vulgaris*), first detected in an 18-hectare area of Idaho, USA, in 1969. Twelve years later it was established on 9,000 hectares and was classed as a noxious weed at the federal level. An eradication feasibility study was conducted and concluded that eradication was possible. But the project's joint federal and state planning group was not formed until 1991, by which time common crupina had spread to California, Oregon and Washington and affects 25,000 hectares. If action had been taken in the 1970s perhaps an immediate solution would have been found. In fact the planning group decided against immediate action on the grounds that the recommended herbicide would have a negative impact on salmon. Other examples of failure are the fire ant in the south-eastern United States and skeleton weed or rush skeleton weed, *Chondrilla juncea*, in Western Australia.

According to Judith H. Myers there are three alternatives to eradication: containment to slow the spread of an organism, maintaining it at a tolerable density, and biological control. Containment leaves the way open for the possible emergence of new control methods such as better pesticides/weed-killers and genetic modification. Density control calls for conventional mechanical, chemical and biological control methods, and biological control has sometimes been successful, sometimes not. The precautions taken at present, based on relevant scientific knowledge, suggest that these methods will play a key role in future. In any event, there is no simple solution to infestation problems. Even where eradication works, another alien species whose spread has been kept in check by the first species may then proliferate rapidly.

Biosecurity systems

While the concept of environmental protection conflicts with the notion of progress as that term was understood in the twentieth century, the impact of invasive species seems increasingly intolerable, especially in island situations. The world's perception of risk management is changing. With the globalisation of trade, international and national biosecurity systems are proving inadequate to halt the spread of harmful organisms and are attracting criticism. In particular, some authors consider systems that focus solely on the risks associated with the introduction of alien species too limited, and think that effective systems should take into account the motives for such introductions and seek ways of responding to them.

Until recently, only agricultural risks were taken into account; little attention was paid to damage to biodiversity and natural environments. In this regard the precautionary principle should carry increasing weight in future, as indeed is recommended in the CBD (Convention on Biological Diversity). At the time of writing, the WTO (World Trade Organisation) has to comply with the sanitary and phytosanitary measures (SPM) defined in the International Plant Protection Convention (IPPC). International meetings were held recently to foster cooperation between the CBD and IPPC authorities. Of course, addressing the question of invasive species follows the same logic as addressing crop health hazards: both involve combating the introduction and establishment of alien organisms.

PHYTOSANITARY HAZARDS FROM THE NATIONAL AND INTERNATIONAL STANDPOINTS

To date, there is no scientific principle or reliable procedure for predicting the invasive potential of a species in a new geographical area. But for every organism, existing behavioural data from other regions could be put together. In particular, the fact that a plant has infested an environment similar to New Caledonia's, in another country, might suggest that it has the

potential to become established and invasive in New Caledonia. This is equally true of arthropods and pathogens, if the plants they depend on grow in New Caledonia. This point at least highlights the extent of the bibliographical work to be done in the event of an alert, or in case of doubt. Nonetheless, use of effective instruments for assessing the scale of the potential risk is essential.

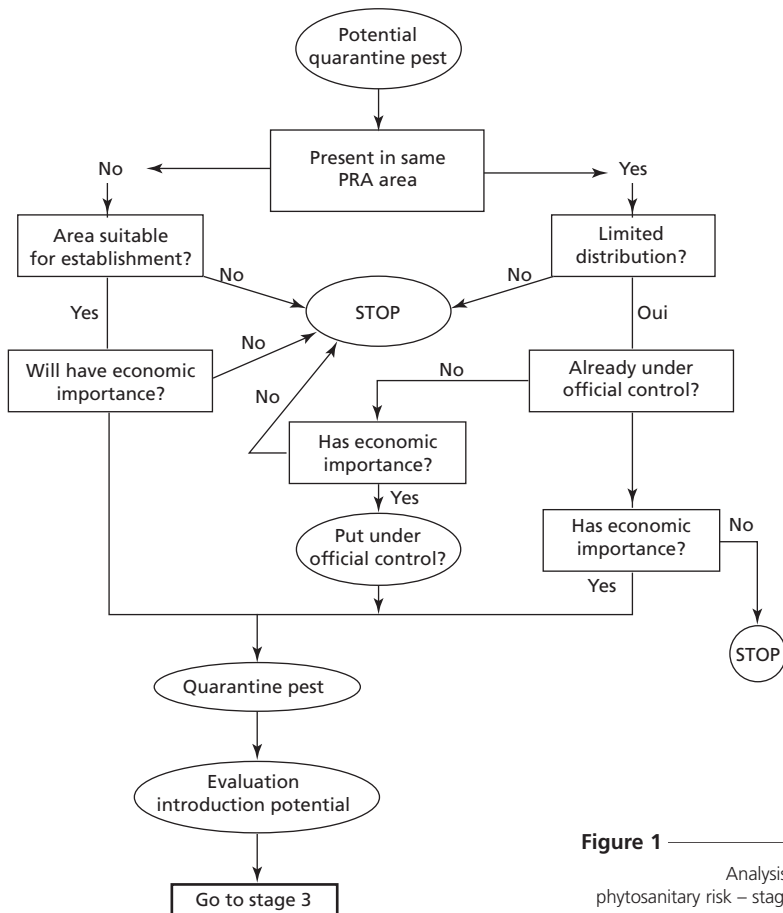


Figure 1 — Analysis of phytosanitary risk – stage 2

Evaluation of phytosanitary risk and determination of the appropriate level of protection are governed by the IPPC's Pest Risk Analysis (PRA). This analysis must adhere to the International Standards for Phytosanitary Measures (ISPMs) and must be performed in three stages:

- Stage 1 is to identify a pest and /or pathways that may allow the introduction or spread of a quarantine pest;
- Stage 2 is to assess the pest risk (likelihood of entry to the territory, establishment and spread, economic importance) using the flow chart in Figure 1 above;
- Stage 3 is to manage the pest risk identified in Stage 2.

The goal is to provide biological or other scientific or economic arguments for deciding whether or not to regulate an organism. It also means defining the type of phytosanitary measures to be taken. A country's environmental and phytosanitary protection laws have to comply with international obligations. There are several possible approaches. One is to adopt a blacklist on the basis of "innocent until proven guilty". The IPPC and most countries draw up (and update) lists of pests that it is formally prohibited to import, even with quarantine. Any species not listed can be imported, provided it is not host to a prohibited species. This does not prevent a country from conducting a risk analysis of any species seen as possibly noxious. Some scientists such as the American ecologist Daniel Simberloff hotly contest the "presumption of innocence" approach. Simberloff, for example, objects to the primacy of free trade over environmental concerns in the United States. Countries that have been hard hit by infestations of non-native species, such as Australia and New Zealand, take a different approach: the white list or "guilty until proven innocent" approach. Any species not on the list must be subjected to a phytosanitary analysis. This is the approach recommended in the new European strategy on invasive alien species.

Assessing weed risk involves mainly the first two stages of the pest risk assessment process, i.e. the process for determining whether a pest has, or has not, the characteristics of a quarantine pest or those of a regulated non-quarantine pest. The Weed Risk Assessment system (WRA) was originally developed in Australia. It is designed to be efficient, transparent and to save time and money. It takes the form of a questionnaire and a score sheet; it has 49 questions about the plant's history and biogeography, climate, range, biology, ecology, plant type etc. The plant is accepted or rejected on the

basis of the final score. One limitation of the WRA is that it produces a certain number of false positives. It may also reject species that are useful although invasive. The model is now being adapted and should be a relevant instrument for New Caledonia. Directives on weed risk assessment in developing countries can be obtained from the food and Agriculture Organisation (FAO).

Weed risk assessment always involves a search of the literature, gathering and interpreting all available information about a potential weed. The first information required, in compliance with IPPC standards, is the list of alien plant species in the country. Some paper and electronic sources are vital: regional flora, information on the biology, ecology and distribution of weeds, etc. Networking among experts is another important part of the process. The IPPC provides an international framework for preventing the introduction and spread of pests of plants and plant products. Revised in 1997 and added to since then, it is accepted as authoritative by the WTO.

BIOSECURITY IN THE PACIFIC

Responses to pest problems vary considerably from country to country. New Zealand is internationally recognised as having the world's most highly developed biosecurity system. Its quarantine system is particularly efficient. It is mainly based on the Biosecurity Act of 1993, which aims to prevent the spread of accidentally introduced invasive organisms and keep any new ones out of the country. The responsibility for implementing quarantine falls to the Ministry of Agriculture and Forestry (MAF). The Hazardous Substances and New Organisms Act of 1996 governs the operations and obligations of people and organisations introducing such organisms intentionally. Authorisation must be obtained from ERMA, the Environmental Risk Management Authority. One result of this law has been an effective halt to imports of new alien organisms for leisure purposes.

Import controls on "hazardous goods" reduce the number of inadvertent introductions. All plants and plant products are prohibited entry into New Zealand unless an Import Health Standard has been issued. There are 500 of these for animals, plants and related organic material and products. The MAF's quarantine system is extremely well equipped and inspection is

carried out at all ports of entry to the country, using dogs, X-ray equipment etc. There are spot fines of NZ\$ 200 for breach of the law. The same applies to international mail. As regards shipping, new import health standards for shipping containers were recently introduced. Inspections are carried out at ports of entry to the country. According to some authors New Zealand may spend 1% of GDP on biosecurity (see paper by A. Sheppard *et al.*).

Hawaii is a rather different case. As a member of the United States it suffers from the federal authorities' decision to focus primarily on protecting predominant agricultural activities and paying little attention, so far, to ecosystem protection. But Hawaii is extremely vulnerable to invasions. It is the Hawaii Department of Agriculture, Plant Quarantine Branch (HDOA-PQ) that is responsible for regulating and controlling the import and transport of all non-native plants and animals. During the 1990s, following a controversy about the extension to Kahului airport and its potential impact on Haleakala national park, the HDOA conducted a pest risk assessment on the airport. That study was used to improve the airport's quarantine programme, and also led to proposals for improvements for the entire country (see paper by A. Sheppard *et al.*).

Australia's biosecurity system is far more similar to New Zealand's. Australia has suffered so many invasions that 16% of its flora are exotics, 15% of its mammals are invasive aliens and about 20% of its insects are non-native. All in all, alien plants cost AU\$ 4.4 billion a year, not counting the environmental damage. The approach adopted is based on a white list of authorised species. Each new species is subjected to an import risk assessment and an environmental risk assessment before being admitted to the country. This procedure, paid for by the importer, must follow a tightly regulated and quite long protocol during which the public are also invited to put their views, which ensures close public involvement in the pest problem (for further information see paper by A. Sheppard *et al.*). Australia's equivalent of New Zealand's Import Health Standard is its Import Risk Assessment (IRA).

French Polynesia is another case worth examining. Since February 2004 this French overseas territory has had a fairly independent status as a "pays", with its own government. Its Ministry of Agriculture and Livestock and its Rural Development Department are responsible for plant and animal quarantine on entry, but also for trade between islands. Measures to combat the introduction of invasive species are based on two statutes: the 1995 resolu-

tion on the protection of nature and the resolution on plant protection. The former prohibits the introduction or import of any plant or animal species that does not exist within the territory. Applicants for exemption must provide proof of the innocuousness of the species concerned? a highly dissuasive requirement. The resolution on plant protection lays down a list of pests whose import is prohibited. An inter-ministerial Committee was set up in 1998 to combat miconia and other weeds endangering biodiversity. It may in time be extended to cover all invasive pests and weeds (for further information see paper by A. Sheppard *et al.*).

In any case there is no doubt that successful preventive measures against an invasive species that has not yet been introduced is directly correlated with the efficiency of the biosecurity system. Thus New Zealand has never yet been invaded by the red imported fire ant, although RIFA has established in Australia (2001), Taiwan (2004), Hong Kong (2005) and continental China (2005). The New Zealand authorities also say they have eradicated the gypsy moth (*Lymantria dispar*), unseen since May 2005. The Ministry for Agriculture and Fisheries had been operating a surveillance programme since 1993. When a gypsy moth was caught in South Auckland in 2003 an eradication programme was launched immediately, costing NZ\$ 5.4 million for two years of treatment.

THE NEW CALEDONIAN QUARANTINE SYSTEM

One factor that facilitates surveillance in New Caledonia is that there are only two main ports of entry to the territory. About 99.9% of goods pass through the port of Nouméa, which is also where nearly all cruise ships stop over. The international airport at Tontouta is the only point of entry for air traffic, making it the main point of entry for invasive species that cannot survive long in transport. Residents are far more likely to introduce alien species (exotic plants especially) than are tourists. However, there are also new entry points with customs inspections, such as those connected with mining at Koumac and Goro, and tourist ports of call (Touho, Lifou, Hienghene). All postal parcels go through Nouméa. Parcels containing plant material ordered from companies abroad have to be accompanied by a customs declaration, and can therefore be inspected. The risk from private mail is much greater.

The legal quarantine provisions for pests of plants is broadly based on European equivalents, with some particular features appropriate to isolated regions (see Appendix 2 of paper by M. Delos *et al.*). It is based on two resolutions by New Caledonia's Congress: one passed on 11 August 1992, for the general framework of plant protection measures including plant quarantine, and one passed on 18 October 1996 which concerns plant quarantine more specifically. The quarantine lists are "negative" for undesirable organisms and their potential carriers, and "positive" for goods known to potentially carry undesirable organisms. Because of New Caledonia's particular characteristics as a group of islands that have historically been isolated by distance from flows of people and plants, the quarantine system is backed up by two other types of measure. The first type is taken by the executive powers in cases of imminent danger (introduction or propagation of an organism not on the negative list). The other is the introduction of an import permit for plants or plant products not otherwise covered by the regulations. This gives the administration the means to exercise continuous control over declared imports.

There are three negative lists of pests and undesirable plant material and growing mediums. They feature as appendices I, II and III to the New Caledonia government's resolutions (see paper by M. Delos *et al.*). In addition, there is a fourth appendix that lays down the import conditions for authorised goods and plants. An import permit is almost always required (Appendix IV) except for large volumes of plant produce, fruit and vegetables imported from particular regions (Australia, Chile, European Union, New Zealand, United States). Any product or produce from a dubious origin and which might harbour for example such pests as *Bractocera* or *Anastrepha*, which are established in some parts of America, must be treated. However, there is one significant gap in the regulations: wood for transport-related purposes (wedges, packaging for non-agricultural goods) is not covered. Only rough timber and manufactured wood products are covered, with measures appropriate to the risk.

Overall, New Caledonia's legislative arrangements seem satisfactory for preventing the introduction of invasive pests of plants. Some improvements could be made, however. Apart from the wooden packaging problem, they concern the animal list in Appendix I, which is too short (particularly for vertebrates, arthropods and molluscs). It would also be desirable to pay special

attention to second-hand vehicles and machinery, e.g. farm machinery and combine harvesters, that have been used for farm work or forestry outside New Caledonia. And there is so far no control of invasive animal species that are not plant pests and do not carry diseases monitored by the veterinary services. Finally, there are some obvious absences from the quarantine lists, such as the rust fungus *Puccinia psidii*, which attacks many Myrtaceae species? and Myrtaceae should be on the plants list as potential rust vectors.

As regards the administrative quarantine system, a decree on the organisation of the New Caledonia regional customs department (24 April 2002) and a New Caledonia government decree of 22 February 2002 define the attributes of the food, veterinary and rural affairs department, DAVAR (*Direction des Affaires Vétérinaire, Alimentaire et Rurale*) (see Appendix 2 of this report and paper by M. Delos *et al.*). The veterinary, food and phytosanitary inspection department is responsible for plant and animal quarantine, inspection, surveillance and pest control within the territory. This is a fairly conventional arrangement: a double system of inspection with an initial sorting of goods at the customs stage using a customs code, the goods being subjected to a phytosanitary check by the DAVAR if necessary. The division of roles between the different monitoring and inspection actors is the same in many countries (see paper by M. Delos *et al.*).

As regards resources, no doubt the weakest point of the New Caledonian system, it would be useful to have at least one itinerant officer plus two officer at border points, to monitor the new ports of entry in Northern Province. Further, with more inspectors, larger volumes of goods could be inspected. X-ray checks on shipping containers and postal parcels are altogether insufficient. But above all, a phytosanitary identification laboratory and a quarantine station are needed. These are indispensable, for example for assessing the environmental impact of hazardous plants whose introduction is nonetheless desirable.

RISK MONITORING AND MANAGEMENT IN NEW CALEDONIA

Major surveillance and control activities are defined by the Congress resolution of 11 August 1992 (see above). Five kinds of action are involved: monitoring of plant and crop production, pest identification, farmer alerts,

inspection of plant production and multiplication sites, and surveillance of the introduction, multiplication and use of biological control agents (such organisms can prove to be formidable pests). The administrative arrangements for surveillance and control are defined in the decree of 22 February 2001. Surveillance is an essential component of the biosecurity system (see Table 12 below and Appendix 4 of the paper by M. Delos *et al.*). There are two aspects: general surveillance and spot checks. The latter would include, for example, the prospecting work carried out in attempting to eradicate bunchy top. General surveillance can usefully harness observations by farmers, researchers, associations and learned societies.

Table 12 – Territorial surveillance and post-introduction risk control and management: who does what

Organisation	Surveillance, detection and inspection	Management: eradication and control
Davar	<ul style="list-style-type: none"> – Surveillance and sanitary inspection of plant production – Inspection of plant production and multiplication establishments – Contribution to organisation of farmer alerts (theoretical) 	Control of serious pests of plants. Organises eradication
Provincial services DDR* and DRN* in Southern Province DDE-E* in Northern Province DAE* in Loyalty Islands Province	<ul style="list-style-type: none"> – Participation in surveillance – DDR* (agriculture) performs technical and sanitary monitoring and gives technical advice – DRN* (environment) ensures protection of the islands and conservation of natural resources. It also draws up province-level regulations on environmental issues – DDE-E* draws up provincial regulations on environmental issues and ensures the preservation of provincial natural heritage 	Contribute to control measures, organise eradication of invasive species that threaten the natural environment (rats on small islands, miconia, etc.).

* DDR : Direction du développement rural.
 DRN : Direction des ressources naturelles.
 DDE-E : Direction du développement économique et de l'environnement.
 DAE : Direction des affaires économiques.

There is a lack of staff and resources for monitoring and inspection, particularly inspection of plant production and multiplication establishments. The division of work between the provincial services does not seem clear-cut. Farmer alerts, which the regulations also provide for, remain somewhat theoretical even though they would be an effective tool for managing pests that have established, and also for institutional communication. Surveillance of non-agricultural areas and forests is still embryonic. A far more rigorous surveillance network than at present will have to be set up, especially in Southern Province. This region has the most ports of entry as well as most of the economically active population. It is wide open to accidental introductions owing to the flow of goods through it, and also to intentional introductions (introduction of potentially invasive ornamental plants is more likely in more densely populated areas). Most of New Caledonia's nursery gardens are in this province, too, and 90% of them are not inspected. These weaknesses in the surveillance and control system doubtless contributed to the failure to eradicate bunchy top (see also p. 229). An effective surveillance and prospecting system requires networking between provincial services. Such a network has yet to be set up. The absence of organised private enterprise in the plant pest control prescription sector, such as exist for animals in the veterinary business, is a major handicap. New Caledonia's research centres, farmers and environmental protection associations could act as relays in the field for a certain number of species and ecosystems.

Communication on invasive species

Like any other environmental problem, control of invasive species needs to be based on awareness of the implications by the public and by private enterprise. Active, informed public support is a major factor for success in managing a pest crisis; regulations and coercive measures alone do not succeed. Which raises the question of what to communicate, and how. There may be conflicts of interest where alien species are concerned because some of them are a source of income, pleasure or even a staple food for some people.

A communication drive is not cheap, so it is crucial that messages be well thought out, targets clearly identified and the expected benefits estimated beforehand. In economic terms, information dissemination is henceforth a fully-fledged risk management method.

FROM INFORMATION TO COMMUNICATION

The involvement of local communities and public participation in general is considered an indispensable factor for the success of some projects run by the World Bank and other international organisations. The IUCN also recommends building communication strategies as part of the preparations for a pest prevention, eradication or control programme. In its view, real consultations with local communities and all parties concerned by the programme will prevent most later misunderstandings and disagreements. Although fines or other penalties have sometimes been applied to encourage environmental risk prevention, it seems that a public information drive can greatly increase compliance with standards.

In economics, asymmetrical information, the fact that not all agents are perfectly informed, is regarded as a market dysfunction. Information divulged helps to correct the imbalance. The result is an increase in collective well-being compared to the initial situation and hence more efficient

An information drive about the hazards of invasive species may have various objectives and advantages:

- Enabling people to become aware of hazardous behaviour or activities and to change them. This will be a very useful addition to official programmes using the HACCP system (critical control points system, see p. 189) to prevent the introduction of invasive species.
- Enabling those affected to identify the source and foreseeable consequences of an environmental problem and so giving them the means to respond.
- Changing public perception of the importance of environmental issues, either by improving their scientific knowledge of a given problem (information campaign) or by convincing them of the urgency of the need for action. This can be vital for legitimising official intervention.

resource allocation. In politics, information drives (local or general) are a way for political and administrative authorities to legitimise their actions. Individuals are more likely to pay willingly for prevention programmes if they are supplied with scientific information. The gains are triple: there is better understanding of environmental issues, official actions are more widely seen as legitimate, and those actions are more effective.

The relative importance of these objectives should guide the choice of communication strategy: general education campaigns, awareness and sensitisation campaigns on specific hazards, social marketing campaigns (persuasion). In practice, the first stage is to identify the target groups (business people, farmers, general public etc.) and draw up a socio-economic profile of them, even if it is a crude profile. The next step is to define the objectives (to educate, raise awareness or change behaviour) and choose a suitable strategy (an awareness or sensitisation campaign, or a social marketing campaign designed to change behaviour). By designing impact indicators and using focus groups, an ongoing campaign can be readjusted. Success partly depends, of course, on the credibility of the information disseminated and the media used (see paper by E. Gozlan *et al.*).

Awareness and sensitisation campaigns are intended to inform and influence individual and collective decisions so that they take better account of the environment. In 2001 the IUCN suggested a set of recommendations on invasive species (see box).

IUCN recommendations for an information campaign on invasive species

1/ Identify the particular interests and roles of local communities and relevant branches of business with regard to IAS problems and target them with relevant information and recommended actions, the general public being an important target group to consider.

2/ Facilitate access to up-to-date, accurate information as a key element in awareness and sensitisation campaigns. Inform different target audiences using different media: electronic media, handbooks, databases, scientific journals, general readership publications.

3/ Focus especially on importers and exporters of living organisms. This is a key target group for information and education drives, to generate greater awareness and better understanding of the problem and their own possible role in prevention.

4/ Encourage the private sector to develop and comply with its own recommendations and good practice guidelines. Monitor compliance with these recommendations.

5/ Inform and advise travellers, both international and in-country. Make as many people as possible aware of the risks and the effects they could induce by importing species. This is another important priority and can be a low-cost way to reduce risk.

6/ Encourage the eco-tourism sector to make its customers aware of the IAS problem. Work with eco-tourism operators to develop specific principles and recommendations for the tourism industry to prevent accidental or unauthorised introduction of alien plants (particularly seeds) and animals into island habitats and particularly vulnerable ecosystems such as lakes, mountains, nature reserves, wilderness and isolated forests.

7/ Not only train quarantine and border control staff in their actual skills and responsibilities but also educate them in the broader context and the threats to biodiversity.

8/ Draw up communication strategies when preparing prevention, eradication or control programmes. Real consultation with local communities and all parties concerned by the programme will prevent most subsequent misunderstandings and disagreements.

9/ Allow a suitable place for addressing IAS problems and possible solutions in school curricula and education programmes.

10/ Make sure national regulations on the intentional and unintentional introduction of alien species are known and understood, not only by the citizens and institutions of the country but also by foreign importers and tourists.

In social marketing, marketing principles and techniques are used to lead the public to accept, reject, modify or cease certain behaviour patterns, in their own interests or those of society. It is used to address public health problems such as AIDS. The Global Invasive Species Programme (GISP) argues more for this type of strategy and has enumerated the stages involved (see paper by E. Gozlan *et al.*).

COMMUNICATION CAMPAIGNS IN THE PACIFIC

Many Pacific states have run communication campaigns on the dangers of invasive species, but there is no study of their impact and measurable results have been published. It is also difficult to properly analyse such campaigns out of context, without the perspective of earlier campaigns or a broader campaign of which they are part. Nonetheless, below we look at four fairly complementary information, awareness and public participation drives. A detailed analysis grid was used to pick out the main features of the communication strategies used in different places (see paper by E. Gozlan *et al.*).

Australia: a weeds information and awareness programme

In Australia, more than 125,000 plant species can be legally imported with no weed risk assessment, including many agricultural and environmental weeds that represent a serious threat to agriculture and the environment. Some are sold in garden shops, despite Australia's world-renowned prevention system. A scientific information programme was launched by the Cooperative Research Centre for Australian Weed Management (CRC). Its aim is to protect ecosystems and farming systems by expanding and promoting integrated crop management systems based on sound science. The target audience includes policy makers, those whose work is connected with crop management, scientific experts and the general public. The idea is also to train future researchers, policy makers and professionals and to encourage awareness among school pupils and students. The programme uses various media (website, educational documents and programmes for all school levels, online games and animations). No data are available as yet to indicate how effective it is.

French Polynesia: a successful campaign to raise awareness and involve the public

The purpose was to control invasion of some Polynesian islands by *Miconia calvescens*. The campaign set out to make the population aware of the prob-

lem, obtain its support for and participation in the control programme, educate children and make it possible to identify any new invasion at an early stage. Poster campaigns, intervention at scientific events and work with children in schools and in the field all played a large part, while the press, radio and TV actively relayed the information. The results are very encouraging. In particular, the population (hunters especially) have participated, notifying the authorities of a number of new, remote or distant *M. calvescens* stations.

New Zealand: a programme sensitive to linguistic and cultural minorities

One of New Zealand's weed programmes, in English, is similar in many ways to the Australian programme. But in 2002, a parallel programme was launched, to mainstream the Chinese community's involvement in conservation. A consortium was set up, the Chinese Conservation Education Trust, with an opening ceremony that blended Maori, Chinese and European cultures and traditions. There have been three types of awareness raising activity: educational outings, trips to quarantine centres, and regular seminars about CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) and its relevance to Chinese medicine.

Hawaii: a campaign that opted for a sensational approach

The Coordinating Group on Alien Pest Species (CGAPS), which groups a number of Hawaiian institutions, published an informative brochure on the dangers of invasive species, their origins, and recommendations for prevention? with a special phone number to call for anyone who spotted one of them. The tone and the form were deliberately alarmist: black flyleaf, alarmist text inside printed in black on a red ground, repulsive photographs, images of distraught farmers, etc. It undoubtedly makes an impression, but it cannot be more than a useful addition to other forms of information dissemination carried out at the same time.

These examples show that authorities tend to prefer awareness campaigns to social marketing approaches. Furthermore, all these campaigns were part of broader prevention or control campaigns. Most gave information not only about risks but also about what was being done to combat the pest. And finally in each case the authorities responsible chose ambitious programmes within the framework of a government institution.

SUCCESSES AND FAILURES IN NEW CALEDONIA

In New Caledonia, a certain number of initiatives have been undertaken to inform the public about the problem of invasive species (leaflets in the Southern Province, a page on Northern Province's Website), but these are not yet large-scale information campaigns. Major campaigns have been run for other risks, however, and we can draw some conclusions from their successes and failures. In particular, as in the above examples, information drives seem to have amplified the effectiveness of well-designed programmes, but had little impact where the programme itself was too flawed.

For example, the many bushfire information and awareness campaigns conducted in the past fifteen years seem to reveal their limitations when they are conducted in isolation, i.e. without a proper fire risk management programme. From a socio-economic study conducted in Southern Province it emerges that residents are aware of the problem and feel genuinely involved. But the eco-wardens' analysis show that some fires are deliberately started for economic reasons such as driving game or protecting crops from pigs, and above all that the warning and control system had serious defects, e.g. no free phone number to call. This suggests that information will not be effective unless it is part of a programme that brings real solutions to the problems in concerned.

The dengue fever control campaign on the other hand was a success. The health authorities has received a shock from the 2003 epidemic, in which 17 people died, and in early 2004 were worrying because all the conditions were there for a renewed epidemic. The only possible control method was to control the mosquito vectors in the areas concerned by eliminating their breeding sites. But there were innumerable small bodies of stagnant water for mosquitoes to breed in and public participation was essential. With the idea of combating residents' passiveness, the campaign consisted of one day of general mobilisation throughout New Caledonia, on the government's initiative, with a media campaign and distribution of anti-dengue kits (100-litre bags of anti-dengue with instructions for use). The result was a spectacular drop in indicators in all districts. The simplicity of the message, regarding both the purpose of the campaign and the action required, the collective dynamic and the brief, one-off nature of the campaign doubtless contributed to its success.

Another awareness campaign in New Caledonia concerned water management in the Loyalty Islands. This was part of a broad programme to help conserve water resources. The aim was to teach local communities to reconcile development projects with water management needs. Much work was done over a period of three years, including surveys on attitudes to water, mobilisation of all the information media, and training for staff in the technical services. This was another successful campaign, as technical staff and residents becoming proficient in using the decision aids and methods.

The campaign to control banana bunchy top disease failed to persuade the population that it was in their interest to eradicate the disease by destroying contaminated banana plants, and that they had nothing to lose by it (see p. 199). The aim was to persuade the population to participate in eradicating the virus. According to an ongoing field survey, the failure was not due to poor dissemination of the message? over 90% of people interviewed had heard of the campaign, 80% of them from television? nor to ethnic particularities. Some survey responses reveal that part of the population lacks confidence in the authorities. For example, squatters thought the measure was intended to force them to stop growing their own bananas and buy them in the markets instead, for the benefit of the farmers.

SUGGESTIONS

The particular features of the New Caledonian situation include its institutional structure, geographical characteristics and some cultural features. In institutional terms, since the Matignon accords responsibility for environmental matters mainly falls to the three province authorities. With no national body responsible for such issues, there is no structure with sufficient funds to set up any large-scale programme. In geographical terms, with all the islands depending on Grande-Terre for trade, inter-island transport links require a targeted information drive. In terms of culture and language, with 28 languages in more or less common use plus immigrant communities' languages, and most of the media using french, additional means are required to reach all population groups. This is especially relevant because some recently arrived immigrant groups maintain strong links with their country of origin, which may encourage them to bring in alien species. Different ethnic communities may have widely differing attitudes to particular species.

It may be useful for the three provinces to set up a common structure responsible for environmental issues. This structure would involve the New Caledonian voluntary sector, local research bodies and industry. Before any awareness campaign, critical points for invasion hazards should be identified, target groups identified and messages properly conceived. Field work should be done to identify perceptions and beliefs, and to find credible information relays. A multitude of means exist to communicate messages, using domestic passenger transport, local festivities, etc. and images that are meaningful to each target group.

Suggestions and recommendations³

The New Caledonian archipelago is heavily dependent on the outside world for supplies of fresh and processed food. The expansion of the mining industry, trade in general and tourism is bringing in people, goods and capital equipment from all the world's climates. This leaves the islands open to deliberate or accidental introduction of a wide variety of alien species. At any moment some of these may display invasive behaviour, with tragic consequences for the environment. Given the species-rich environment of the archipelago and its high rate of endemism, weed invasion would result in an increasingly depleted flora and seriously degraded landscape quality. The following recommendations are obviously not exhaustive; other recommendations have been made in the preceding chapters. The recommendations below seem to us to be either the most urgent or the easiest to implement.

In this study, vertebrates have been examined in greater depth because the published information on these species is of higher quality. In the present state of knowledge, lack of data and scientific literature on invasive weeds and invertebrates means that the experts could not analyse these in the same depth.

Amass data

Take every opportunity in future to fill gaps in knowledge about alien species introduced into New Caledonia, particularly weeds and invertebrates. Data sheets have been produced on the most important ones, those that must be kept out of New Caledonia at all costs. It is recommended to use these data and to progressively update the lists of potentially invasive species, especially by reviewing the international listings.

³ This chapter is the tent's summary of the scientific coordinators. It is available on the CD-ROM added.

THE QUARANTINE SYSTEM

New Caledonia's legal provisions for monitoring and control only enable the territory to take partial theoretical account of the problem of invasive species. It does not provide ways of addressing all the problems connected with invasive species, and there is no sufficiently coherent system for investigating and acting on these problems. The main shortcomings stem from the lack of a phytosanitary identification laboratory and quarantine station that would be effective for controlling the introduction of species considered to be useful. Setting up such a laboratory and providing staff with suitable training seems to be a top priority, but would be a considerable financial investment.

Infrastructure for investigation and action

- Set up and equip a phytosanitary component at the DAVAR laboratory and give it the DAVAR laboratory the resources to become more efficient. It could then ensure really adequate phytosanitary control and would also be able to address the problem of invasive species.
- Introduce plant quarantine to ensure that all approved deliberate introductions are safe.
- Among other possible improvements, amend regulations so that phytosanitary control can cover products whose customs codes currently exempt them, but which may harbour insects such as cockroaches. This includes wooden packaging, corrugated cardboard etc.

ENVIRONMENTAL HAZARDS

Taking the problem of invasive species formally into account in an organised way requires coordination. At present, responsibility for environmental issues is shared between the territory- and province-level authorities. It is essential to establish coordination among all involved in environmental matters.

Coordinating the system for control of invasive species

A small working structure involving environmental policy makers at territory and province level should be set up, giving it a formal structure such as a scientific investment agency (GIS). Its task would be to make proposals that would be pertinent to all environmental issues and compatible with the situations on the different islands. It would also have the task of implementing collective decisions in the field and establishing links with Pacific networks, particularly those concerned with invasive species.

At both territory and province level, some regulations need to be amended and new ones introduced. As regards applications for permission to introduce species to meet particular needs in farming, horticulture, hunting or the pet trade, the best approach is the precautionary principle: “whatever is not explicitly allowed is prohibited”. This would mean drawing up an open-ended positive list, to be progressively added to as applications to introduce new species are submitted, for whatever reasons, and the attendant risks assessed. All types of species imports connected with trade or tourism should be made as safe as possible, given that these movements are essential for New Caledonia’s economic development and cannot be outlawed.

Hints for suitable regulations on invasive species

- Adopt a principle of prior examination of each import sector, making a cost-benefit analysis (or any other suitable type of analysis) on which to base the regulatory and technical monitoring system for the accepted risk.
- Adopt an open-ended negative list of all quarantine organisms from the invasive species viewpoint.
- Set up a vigilance and warning programme based on regional systems disseminating alert lists.
- Adopt the principle that if the task of detection and monitoring is delegated to an importer or operator, that importer or operator is responsible.
- Make any new establishment conditional on creating a biodiversity monitoring station and establishing a “point zero” baseline inventory of the site’s biodiversity. This should be thorough enough to be acceptable given the resources available.

The surveillance at entry points in external borders and transit points at inter-island borders should be handled differently. At external borders customs inspections should determine which goods require to be examined by phytosanitary officers, as is the case at present. At internal borders, the situation differs for each of New Caledonia's three entities. As Grande Terre concentrates the most alien species, efficient, acceptable checks on inter-island transfers to and from there, as is the case in Tahiti. But however vigilant the authorities are, border controls can never be sufficient. The strength of a prevention system depends on an efficient biosurveillance network.

The biosurveillance network should hinge on several complementary arrangements

- Biodiversity monitoring stations, set up to record the state of biodiversity before any new industrial, mining or commercial (especially tourist) establishment is set up.
- Ecological stations set up at sites representative of each of New Caledonia's biotopes.
- A monitoring programme performed by identified officers (territory and province level) for field visits and possible sampling, and by scientists for laboratory examinations (staff of DAVAR or the research institutes working in New Caledonia). More staff need to be allocated to this type of operation.
- A clearly identified body (or person) to act as network coordinator.

However, no biosurveillance system can achieve zero risk. It is therefore crucial to step in as early as possible if there is an invasion alert. The first step is to try to eradicate the species or, failing that, to set up a programme to control its spread.

Emergency measures

- Mobilise both public and private resources, especially naturalists' clubs and societies, under a programme funded by the territory, the provinces and such bodies as the European Union, the WWF etc.
- Set up an eradication programme, under specific conditions, for potentially invasive species and invasive species that have not yet spread far.
- Set up a pest control programme to contain the spread of species that have gained too firm a foothold for eradication.

Lastly, involving local communities is a necessary condition for the success of an operation against an invasive species, or indeed any heritage protection programme. Although there are few published impact studies on communication campaigns, some important points are worth stressing for the success of such campaigns, especially the choice of target groups.

Involving the community

- An information campaign must be part of a clearly defined pest control strategy.
- It is of prime importance to choose target groups intelligently: for example, with risks connected with mining, the rate of worker turnover must be taken into account.
- An impact assessment must be made during and after the campaign, to analyse the causes of success or failure.
- An early, systematic information campaign among schoolchildren could be organised (as has already been done in Southern Province).

FINANCING INVASIVE SPECIES CONTROL

There are several possible ways to release the necessary resources for implementing these suggestions:

- an environmental protection tax, part of which could be raised on imports (depending on the volume of trade) and part raised on air transport and/or added to real estate tax on buildings, for example;
- direct contribution by tourist trade enterprises and/or new industrial enterprises, for establishing cost-benefit analyses and environmental monitoring operations;
- payments from the New Caledonia government and province authorities;
- targeted requests to international and world funding bodies (e.g. the European Union via the 6th FRDP's Net-Biome project, the World Environment Fund).

Another possible way is to design a real development policy based on protecting the natural heritage, taking advantage of this wealth for economic progress and establishing protected nature parks, as has been done by many countries where eco-tourism has developed. New Caledonia is a biodiversity hotspot, with a very wide variety of landscapes and large num-

bers of endemic species. It could develop eco-tourism intelligently. To do that, it should design an overall project for the archipelago, based financially on an environment fund that could be fed from a range of sources:

- a system of taxes and subsidies on economic activities directly impacting on, involved in or affected by environmental quality;
- voluntary or mandatory contributions from industrial projects that endanger the environment.

That depends on political will, a dynamic institutional operator, a structured, ambitious project covering a network of intelligently managed protected areas, following examples such as Costa Rica. Projects of this type create jobs and bring in foreign currency.

SUMMARY OF RECOMMENDATIONS

Recommendation	Requirement	Solution and cost
Establish black or grey lists	Scientific names of species	Consult websites devoted to this subject
Set up phytosanitary component at Davar laboratory	<ul style="list-style-type: none"> – Laboratory of c. 70 m² (electricity, water, gas, furniture, cupboard, tiled work surface, etc) – Equipment (opticals, autoclave, glassware, small items, chemicals, species identification books, computer, internet link, etc.) – Staff: 1 engineer, 2 technicians 1 vehicle 	<ul style="list-style-type: none"> – Cost to be assessed on-site (equivalent in France: c. €50,000 for annual operation) – Top priority: this figure could double if it is decided to take risk analyses properly into account
Set up quarantine facilities	<ul style="list-style-type: none"> – Protected plots under surveillance – Insect proof glasshouse (S 2/3) 	<ul style="list-style-type: none"> – Cost to be assessed on site – Similar facilities in France could cost between €50,000 and €150,000 depending on isolation requirements

Recommendation	Requirement	Solution and cost
Train staff in species identification and risk analysis		
Set up a biosurveillance network	<ul style="list-style-type: none"> – Monitoring stations (1 per high-risk establishment) – Ecological monitoring stations (1 per characteristic site) – For surveillance and control of inter-island borders this requires: 2 officers for the islands, 3 officers for Grande-Terre 	<ul style="list-style-type: none"> – These officers must be able to be called to any part of the territory. They must report to the same organisation and must constitute a team, for obvious reasons of collective efficiency – The number of officers might subsequently increase
Set up a rapid intervention programme for emergencies and for dealing with species already present	Set up an environmental protection fund with which to organise and possibly sub-contract eradication or control operations	Where these funds are drawn from will depend on the authorities: taxes on commercial or industrial operations with an impact on, or dependent on, environmental quality
Information or communication campaigns	<ul style="list-style-type: none"> – Clearly defined goal – Clearly defined monitoring indicators – Final analysis and synthesis – Reporting and publication 	Financed by intervention fund and partners

Appendices

Specifications of the expert group review

INTRODUCTION

The New Caledonia archipelago has particularities that must be taken into account in each of the papers written for the review: its nature as a group of islands, its subtropical climate, its cultural diversity, the different situations of its different provinces, its institutional situation and the fact that it possesses 0.5% of world biodiversity.

Background

- a. Regional and international mobilisation against invasions by alien species (initiatives by authorities, scientists, the IUCN, position of New Caledonia (NC) compared to regional South Pacific strategy, project to integrate NC in French national biodiversity plan);
- b. Species introductions: trials and tribulations;
- c. Facts about phytosanitary border controls, inadequacy of environmental hazard controls;

Scope of the analysis

- a. The client body's definition: "an invasive species is an alien (exotic, exogenous, imported) species whose accidental or intentional introduction and proliferation in natural or semi-natural environments causes or is liable to cause damage in the New Caledonia archipelago". This definition excludes from the scope of the review local species that develop invasive behaviour (e.g. niaouli and lorikeets). It highlights the fact that proliferation is difficult or impossible to control (adapted from the IUCN definition).
- b. Restricted to terrestrial and freshwater ecosystems.
- c. As regards pathogens, restricted to biological vectors.

AIMS OF THE REVIEW

Suggest the component elements of a suitable, efficient biosecurity system for New Caledonia, based on a scientifically sound analysis:

- of biosecurity systems in the South Pacific;
- of the risks connected with the introduction and proliferation of alien species in New Caledonia.

ELEMENTS OF THE REVIEW

Biological aspects

a. Analysis of the situation regarding invasive alien species (IAS) now present in NC or liable to arrive there: inventory.

b. Typology of potential risks (critical analysis of classification and prioritisation criteria, analysis of entry pathways, risk assessment) for establishing positive lists for NC.

c. Specifications for authorised introduction.

d. Critical analysis of technical factors to be taken into account in biosecurity systems (prevention, surveillance, eradication, control).

e. Definition of tools for environmental impact assessment: applicability to IASs and the various ecological situations in New Caledonia.

Socio-economic and regulatory aspects

a. Analysis of communication about IAS-related risks (or a comparable subject).

■ Study of two communication campaigns relevant to New Caledonia's particular features (e.g. culturally diverse archipelago). One of these two campaigns must have been the subject of an impact study.

■ Construction of a field analysis grid applicable to NC (information vectors, risk perception and acceptability, conditions for success or failure in setting up a collective system).

b. Comparative study of some legal and regulatory systems in use in island groups.

- Highlight the essential characteristics of a biosecurity system (structure, coordination, functioning, cost, crisis management) taking into account the institutional situation in New Caledonia and the interactions between NC and the outside world, but also relations between the provinces.

- Financing methods.

- c. Analysis of criteria for constructing a cost-benefit analysis applied to environmental risk, adapted to each IAS and to the various ecological situations (Grande-Terre and Loyalty Islands).

Conditions for the efficacy of a New Caledonian biosecurity system

- a. Responsiveness / inertia.

- b. Sharing/concentration of competencies (technology, missions, funding).

- c. Emergency plans.

Feasibility of a prospective study based on scenarios

- a. Simulation of an IAS introduction (fire ant) and proliferation (miconia) in Grande-Terre and the Loyalty Islands.

- b. Cost-benefit analysis.

For this study, it is mandatory to have a local reference expert in each case.

THE EXPERTS' WORK PLAN

Inventory

Question 1: Are all the islands of New Caledonia affected by biological invasions in the same way? Question addressed by analysing several taxonomic groups.

Question 2: What potentially invasive plant or animal species currently constitute major environmental threats to New Caledonia?

Assessment of environmental and socio-economic risks and consequences of intentional or unintentional species introductions

Question 3: For species identified as dangerous under Question 2, which local characteristics (of the environment or of the surveillance system) are

crucial for assessing the probability of invasion into New Caledonia? This question requires a description of a succession of events leading to invasion of an ecosystem? intentional or unintentional import, establishment, sustainable spread, etc.? and identification of possible control points at each stage of the process.

NB: take into account the islands' end-of-the-line situation in relation to Grande-Terre.

Question 4: How can the likely consequences for the environment of an uncontrolled introduction be assessed? Start from cases of known, documented invasions in the Pacific. Examples: black rat (Loyalty Islands Province), fire ant and miconia (Tahiti).

Question 5: Analysis of common ways of profiting from environmental goods as public goods (non-marketable services). Then differentiate the different types of costs associated with invasive species: direct costs, loss of biodiversity, prevention and control costs. Discuss the options to be considered (from the literature) in terms of cost sharing between the parties concerned (business, authorities, transporters, end consumers etc.)

NB: take into account the islands' end-of-the-line situation in relation to Grande-Terre.

Question 6: On what basis and in what way should a cost-benefit analysis incorporating different introduction scenarios be conducted, to provide the basis for a rational control policy? Discuss how such an analysis might be applied to the decision to authorise imports of a potentially invasive species such as the Australian tree fern (an ornamental plant).

Critical analysis of control measures and intervention methods

Question 7: What are the elements of a system for detection and surveillance after introduction? Can the efficacy of such a system be assessed?

Question 8: What eradication or management measures have already been taken (or experimented with) that express this potential? Can their efficacy be assessed?

Question 9: Given all the above information, is it possible to draw up a table of the risks for New Caledonia?

Biosecurity, analysis and proposals

Question 10: Analyse the relevance of some biosecurity systems already set up in Pacific countries to protect against invasive species. Describe their technical, legal and organisational characteristics.

On what criteria, or in what way, can one assess the aptitude of a candidate species to become invasive?

In Pacific islands where there are not yet any IASs, what measures have been adopted to prevent their introduction? Can one analyse the relevance and efficacy of these measures? Case study: insects (Hawaii).

The proposals must take into account the different possible entry pathways to each island and province of the New Caledonian archipelago.

Question 11: Analyse the New Caledonian system in the same way.

Question 12: Make all possible suggestions regarding the pertinence, consistency, structure and functioning of this system.

Communicating about the risk

Question 13: Brief presentation of the comparative advantages and disadvantages of using communication and training campaigns as opposed to regulations, for reducing environmental hazards. Analyse the conditions for effectiveness for different types of campaign, according to the types of warning issued, the target groups, dissemination vectors and information relays.

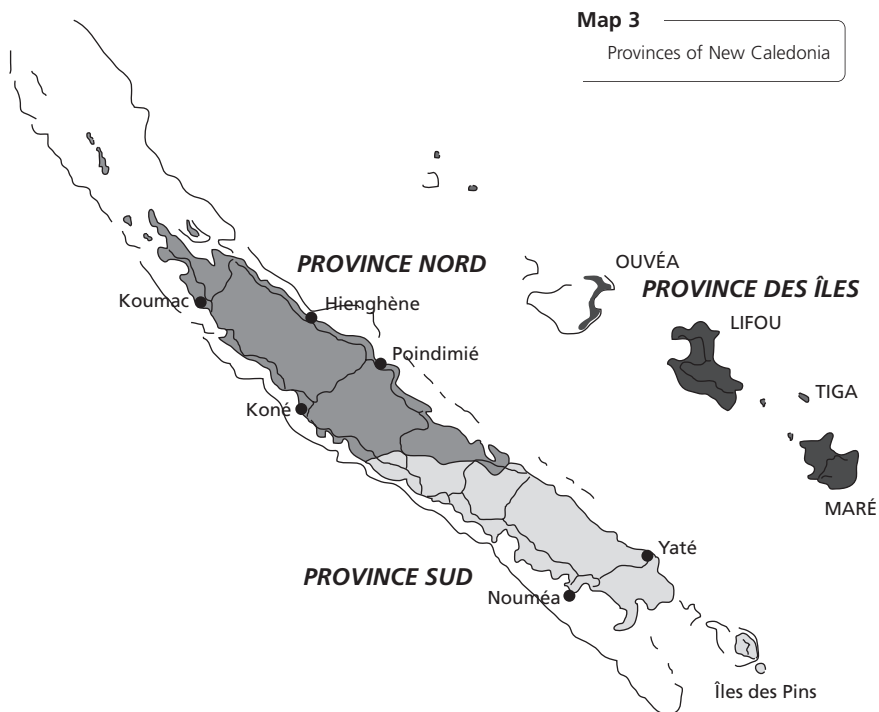
Question 14: Present the goals of communication and risk awareness campaigns concerning invasive species, particularly in the Pacific. Specify the ways and means employed and, if applicable, the performance of campaigns (differentiated by site, geographical zone etc.), and how and to what extent they take cultural and community aspects into account.

Question 15: Analyse two communication campaigns in New Caledonia intended to raise local people's awareness of environmental or health risks, and draw conclusions for New Caledonia's particular situation. One of the two studies must have been the subject of an impact study.

Question 16: According to the findings presented in response to questions 13, 14 and 15, construct an analysis grid that can be used to set up

field analysis in New Caledonia. The field analyse itself will not be conducted as part of the expert group review. Make suggestions about the way in which information messages might be structured so as to be pertinent and have a real impact, changing people's behaviour and getting the New Caledonian population involved.

NEW CALEDONIA AND INVASIVE SPECIES



Southern Province

Measures against invasive species are among the great environmental protection challenges the Southern Province has identified. It is a problem that fully justifies coordination and joint effort among the authorities concerned. Southern Province has provided the impetus for establishing a coordination and consultation structure among the provinces, the New Caledonia government and the French state, assisted by scientific experts from research bodies working in New Caledonia.

Southern Province now wishes to be involved in a coordinated, operational programme to set up resources to protect against invasive species and control those already established.

For this purpose Southern Province, along with New Caledonia's other public authorities, wishes to have at its disposal an account of current knowledge on this subject through this expert group review.

Southern Province is already involved in the field. It has financed rat eradication programmes to protect seabirds on small islands and since 2005 has been conducting a campaign against miconia (through contractors). Numerous studies have been commissioned to measure the impact on the natural environment of invasive species such as the rusa deer, and communication materials are produced to raise public awareness of the dangers of particular species – invasive ants, aquarium fish, terrapins etc.

Rural economic development and employment is a priority in Southern Province. The investment code for this sector was completely rewritten in 2005 as a single, simplified bill that was passed unanimously by the province Assembly. It is based (a) on zoning to encourage young farmers to set up in inland communes, (b) on irrigation schemes and lands held under customary law, and (c) on additional premiums according to the type of project initiator (young people, cooperatives) or the status of the product chain (priority, open, saturated). Alongside this new investment code, the rural development department has been reorganised around three main missions: technical support and management advice to farmers, research and surveys to ensure local development, and management of subsidies. These goals are governed by the concern for eco-friendly, health-friendly development; integrated organic crop production and the application of health and environmental standards are part of the technical protocols the province supports financially.

Northern Province

Although it is further from the potential pathways of contamination by invasive species, Northern Province is concerned about invasive plants and animals. Northern Province is thinly populated, which means that the countryside is less closely observed and invasive species can relatively easily get established in out-of-the-way corners.

Northern Province is also a largely rural province and much of the population lives to some extent from farming, hunting and gathering wild foods, either commercially or for self-consumption. So monopolisation of land by an invasive species, or direct or indirect damage that makes land unfit to farm, would therefore have a direct and immediate impact on the quality of life of the province's inhabitants.

Issues on which Northern Province is planning or has already begun operations are the impact of rodents – especially on birds, reptiles and amphibians – and attempts to control deliberately introduced mammals (feral animals, deer and pigs).

Biological invasions are no respecters of man's administrative boundaries, but as man increasingly becomes the main vector of dissemination, the question of invasive species is becoming a central question for protecting our natural heritage and quality of life.

Loyalty Islands Province

In 2001 the Executive of Loyalty Islands Province validated the master plan recommending a shift towards eco-friendly farming, in order to preserve the quality of the freshwater lens.

This orientation is guided by human, social and ecological concerns. Since then, Loyalty Islands Province has sought to ensure that all development tools – training, research and farmer installation aids – are guided by this policy. The whole population of the Loyalty Islands, and particularly the people on Lifou and Maré, are aware of how fragile the quality of the freshwater lens is, because they drink it. Large budgets are earmarked for practical implementation of eco-friendly actions. Not only are the Loyalty Islands an archipelago within an archipelago so doubly isolated, this choice of eco-friendly, sustainable development makes them all the more vulnerable to any accidental introduction of invasive species. The problem of the introduction of invasive species must take account not only of the fragility of the ecosystems but also of the Loyalty Islands' choice of direction for the development and organisation of its farming systems.

Government of New Caledonia

New Caledonia has a particularly healthy environment, farm produce that brings considerable income into rural areas, and an abundance of biodiversity and endemism that are recognised the world over.

Faced with the threat of invasive species and the damage they could cause, the government supports the initiative of the provinces in commissioning an expert group review on invasive species in New Caledonia. The deliverables produced should enable the authorities, each in their sphere of competence, to organise and structure themselves so that they can conduct rational, concerted operations to prevent the introduction of invasive species and if necessary to control their spread once established.

Under the powers conferred on New Caledonia under the Nouméa agreement, the government has already committed to adapting its biosecurity regulations to changes in trade flows. This reinforcement of border measures is intended to protect the islands' present health status and protect New Caledonia's natural and economic advantages by preventing the introduction of invasive species.

The provinces, which are the authorities responsible for development and the environment and are organised for carrying out local level missions, have a major role to play in establishing and operating a system of concerted action.

The panel of experts

ALAIN COLENO

Bureau des ressources génétiques
16 rue Claude-Bernard - 75231 Paris cedex 05
alain.coleno@wanadoo.fr

MARC DELOS

Direction régionale de l'agriculture et de la forêt
Services régionaux de la protection des végétaux
Boulevard A. Duportal – Cité Administrative Bâtiment A
31074 Toulouse cedex
Marc.delos@agriculture.gouv.fr

ESTELLE GOZLAN

Inra/INA-PG - Économie publique
BP 01 - 78850 Grignon
Esgozlan@grignon.inra.fr

HERVÉ JOURDAN

IRD – UMR 022 CBGP (Centre de biologie et gestion des populations)
Laboratoire zoologie appliquée
BP A5 - 98848 Nouméa cedex - Nouvelle-Calédonie
Herve.jourdan@noumea.ird.nc

JEAN-CLAUDE LEFEUVRE

Muséum national d'histoire naturelle
ERT Biodiversité fonctionnelle et gestion des territoires
Campus de Beaulieu - Avenue du Général Leclerc - CS 74205
35042 Rennes cedex
Jeanclaudelefeuvre@wanadoo.fr

LLOYD LOOPE

US Geological Survey - Pacific Island Ecosystems Research Center
Haleakala Field Station
P.O. Box 369 Makawao - Maui, Hawaiï 96768 USA
Lloyd-loope@usgs.gov

JEAN-YVES MEYER

Délégation à la recherche de la Polynésie française
BP 20981 Papeete
Tahiti - Polynésie française
Jean-yves.meyer@recherche.gov.fr

MICHEL PASCAL

Inra – Équipe « Gestion des populations invasives »
Station Scribe
Centre Inra de Rennes - Campus Beaulieu
35 042 Rennes cedex
Michel.pascal@rennes.inra.fr

ANDY SHEPPARD

Csiro Entomology
GPO Box 1700
Canberra, ACT 2601 - Australia
Andy.sheppard@csiro.au

ALBAN THOMAS

Inra/Lerna
Université des sciences sociales
21, allée de Brienne - 31000 Toulouse
Thomas@toulouse.inra.fr

DOMINIQUE CHOUCAN

Journalist
67, rue Maurice Gunsbourg - 94200 Evry-sur-Seine
Chouchan@club-internet.fr

The monitoring committee

REMY AMICE

Direction des affaires vétérinaire, alimentaires et rurales (Davar)
– Service d’inspection vétérinaire, alimentaire et phytosanitaire (Sivap)
Remy.amice@gouv.nc

NICOLAS BARRÉ

Institut agronomique néo-calédonien
Barre@iac.nc

Lionnel BRINON

Province Sud – Développement rural
Lionel.brinon@province-sud.nc

JEAN-JÉRÔME CASSAN

Province Nord – Service environnement
dde-environnement@province-nord.nc

SYLVIA CORNU-MERCKY

Province des Iles – Direction des affaires économiques
Mercky@loyalty.nc

VICTOR DAVID

Congrès de la Nouvelle-Calédonie
Vdavid@congres.nc

ANNE-CLAIRE GOARANT

Province Sud – Direction des ressources végétales
Anne-claire.gorant@province-sud.nc

HERVÉ JOURDAN

IRD – UMR 022 CBGP (Centre de biologie et gestion des populations)
Laboratoire zoologie appliquée
BP A5 - 98848 Nouméa cedex – Nouvelle-Calédonie
Jourdan@noumea.ird.nc

FRANÇOIS MADEMBA-SY

Province Sud – Développement rural
Francois.mademba-sy@province-sud.nc

JOSEPH MANAUTÉ

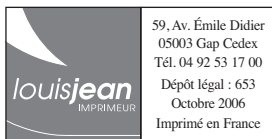
Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
Joseph.manauté@gouv.nc

THIERRY MENNESSON

Institut agronomique néo-calédonien
Tmennesson@iac.nc

ISABELLE OHLEN

Province Sud
Isabelle.ohlen@province-sud.nc



59, Av. Émile Didier
05003 Gap Cedex
Tél. 04 92 53 17 00
Dépôt légal : 653
Octobre 2006
Imprimé en France

**La collection
« Expertise collégiale »
propose des ouvrages
destinés à aider
les acteurs
du développement
dans leurs choix
stratégiques. Chaque
volume est rédigé
par un groupe
de chercheurs
qui rassemble et
synthétise les analyses
scientifiques utiles
pour répondre
à des questions
opérationnelles liées
au développement
des pays du Sud.
(partie analytique jointe
sur CD-ROM)**

La biodiversité calédonienne, reconnue comme l'une des plus exceptionnelles avec son fort taux d'endémisme, est largement menacée par l'introduction de nouvelles espèces. Il est donc important de protéger l'écosystème calédonien, à la fois riche et vulnérable, des espèces envahissantes, l'une des principales causes de perte de la biodiversité à l'échelle mondiale.

Face à cette menace, le Gouvernement et les trois provinces de Nouvelle-Calédonie souhaitent mettre en place une structure collective afin de définir les orientations stratégiques nécessaires pour préserver et conserver leur biodiversité. Elles ont ainsi voulu qu'un état des connaissances soit dressé et qu'une réflexion soit menée sur la prévention, la détection précoce, l'intervention rapide, l'éradication, le confinement et le contrôle des espèces envahissantes.

Cette expertise collégiale apporte les éléments nécessaires à la construction d'un système de biosécurité pertinent et efficace pour l'archipel néo-calédonien.

The introduction of new species poses a major threat to New Caledonia's biodiversity, widely known for its exceptional quality and high rate of endemism. It is therefore important to protect New Caledonia's rich but vulnerable ecosystem from invasive species, which are one of the main causes of biodiversity loss worldwide.

Confronted with this threat, the Government and the three Provinces of New Caledonia wish to set up a collective structure to define the necessary strategic guidelines for protecting and conserving biodiversity. They also wanted a state-of-the-art report and analysis of the prevention, early detection, rapid response, eradication, containment and control of invasive species.

This expert group review provides the necessary elements for designing a biosecurity system that will be effective and relevant to the New Caledonian archipelago.

15 €

ISSN 1633-9924 / ISBN : 2-7099-1613-4



Institut
agronomique
néo-calédonien

Province Nord

Province Sud

Province
des îles Loyauté

IRD : 213, rue La Fayette - 75480 Paris cedex 10

Diffusion : IRD, 32, avenue Henri-Varagnat - 93143 Bondy cedex

fax : 01 48 02 79 09 courriel : diffusion@bondy.ird.fr

