Formation

Initiation à la Technique de l'Insecte Stérile (TIS)

Défis et opportunités

Formation organisée par le Collectif TIS

Avec le soutien financier et logistique de :

Contenu

- Introduction
- Principe de fonctionnement de la TIS
- Compatibilités (insectes, contextes)
- Etapes du développement de la TIS (étude de faisabilité)
- De la recherche à l'opérationnel
- Principes opérationnels d'une ferme d'élevage TIS
- Déploiement à petite et grande échelle
- Conditions de succès (questions techniques et économiques)
- Études de cas

Formateurs

Clelia OLIVA
Chargée de projet TIS au CTIFL
Coordinatrice Collectif TIS

Clelia.Oliva@ctifl.fr

Martin Wohlfarter
B.Agric.Admin SUN, Diplôme d'études supérieures en développement agricole UWC, MBA GSB UCT

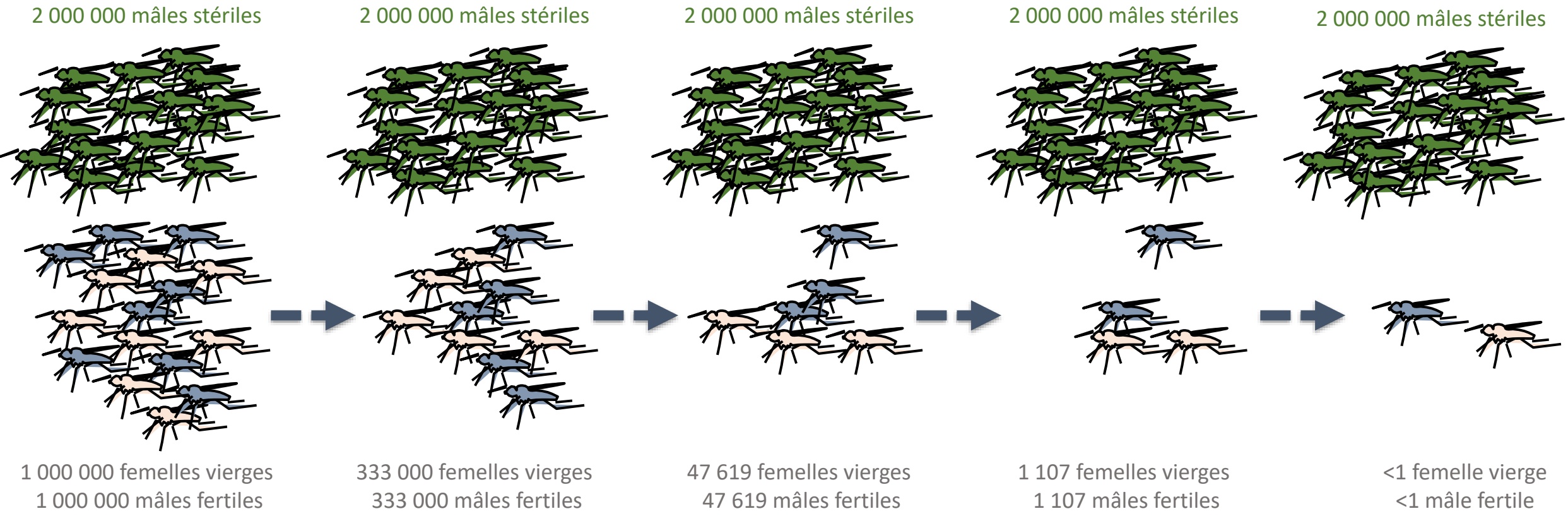
wohlfarterm@gmail.com

Contenu

- Principe de fonctionnement de la TIS
  - Concept théorique
  - Cycle de fonctionnement
  - Stérilisation
  - Avantages et contraintes
  - Complémentarité
  - Règlementation (France)
  - Stratégies d’emploi
  - Historique
  - Insectes cibles actuels
  - Utilisation dans le monde

Concept théorique

E.F. Knipling
"méthode de contrôle des naissance pour les insectes ravageurs"



Postulats

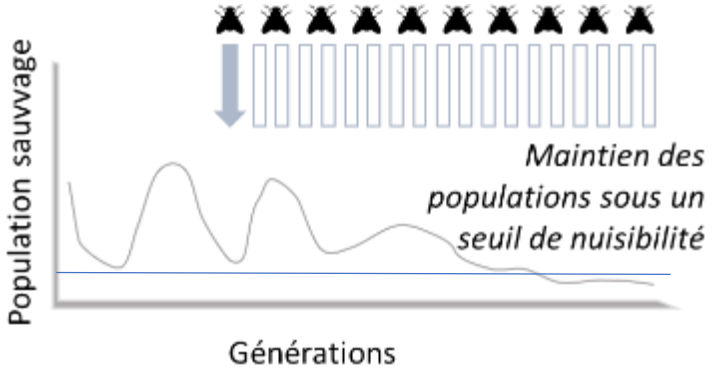
Mâles stériles :
- *100% stériles*
- *Aussi compétitifs que mâles sauvages*

Population sauvage :
- *2 descendants par couple*
- *mortalité 50% population entre chaque génération*
- *pas d'immigration de populations voisines*

⟹ Théorie

Knipling EF. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. Journal of Economic Entomology. 1955;48:459–62.

Cycle de fonctionnement



Oliva et al. Principes, mise en œuvre et perspectives de la technique de l'insecte stérile. 2020. p 75 - 87 in X. Fauvergue, A. Rusch, M. Barret, M. Bardin, E. Jacquin-Joly, T. Malausa, and C. Lanou, editors. Biocontrôle. Eléments pour une protection agroécologique des cultures. Editions Quae, Versailles.

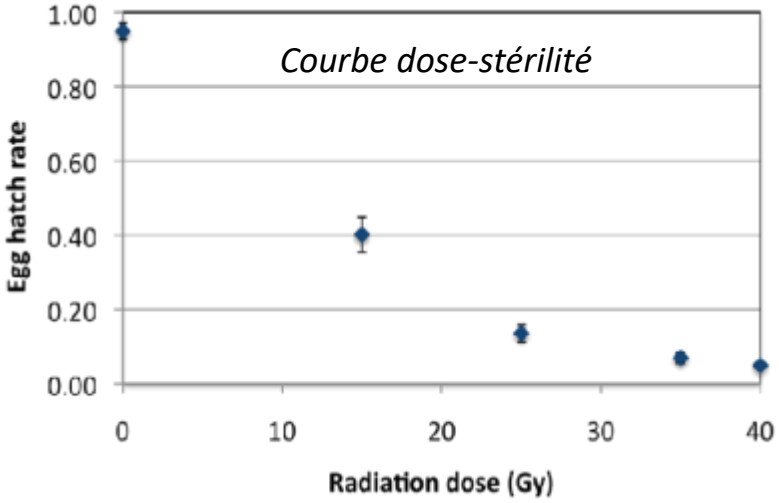
Stérilisation

Rayonnement ionisant (Rayons X ou Gamma)

Les rayonnements électromagnétiques perturbent les atomes

Spermatozoïdes motiles mais stériles

Interruption du développement de l'embryon dans l'œuf



Utilisation courante pour stérilisation de nombreux produits et aliments

Avantages et contraintes

- ❑ Spécifique
- ❑ Atteint des zones parfois inaccessibles
- ❑ Complémentarité
- ❑ Effet à long terme
- ❑ Réversible

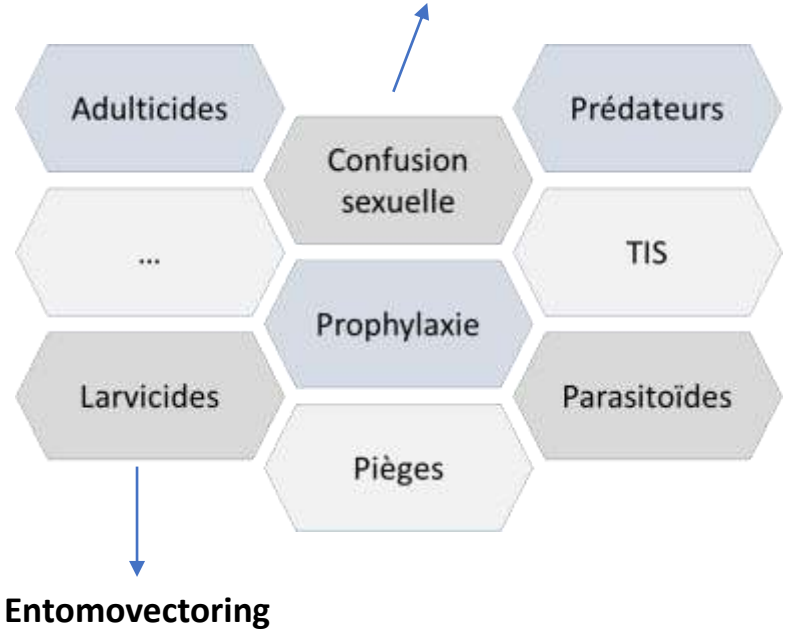
- ❑ Nécessite l'implication de tous les acteurs d'un territoire pour un usage régional
- ❑ A inclure dans une stratégie de gestion intégrée
- ❑ Déploiement progressif
- ❑ Effet non immédiat
- ❑ A développer pour chaque insecte cible
- ❑ Coût initial de développement/infrastructure

Objectifs

- ✓ Diminuer l'usage de pesticides
- ✓ Proposer une stratégie économiquement viable et efficace

Complémentarité

Mobile mating disruption
Ex. Mâles stériles de mouches méd. + confusion sexuelle sur populations du lépidoptère *Epiphyas postvittana* (Suckling *et al.*, 2011)



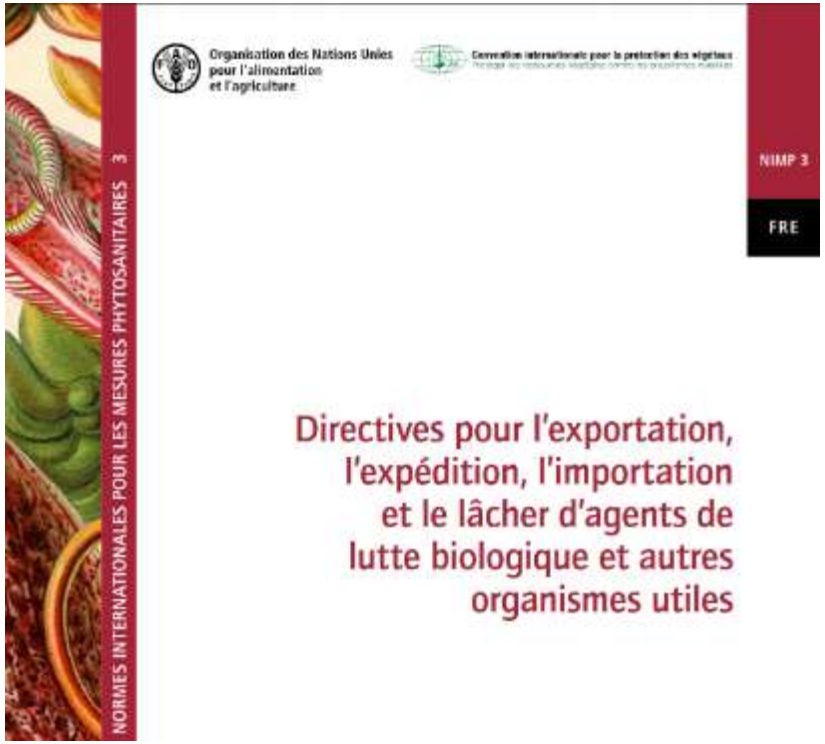
Exemples.

- Mâles stériles de mouches méd. + parasitoides *Fopius arisanus* & *Diachasmimorpha krausii* (Rendon *et al.*, 2006)
- Carpocapse stériles + *Trichogramma cacoeciae* & *Trichogramma nerudai* (Botto & Glaz, 2010)

Règlementation (France)

Agriculture

Statut « Ravageur » → Stérilisation → Statut « Organisme utile aux végétaux »



http://www.fao.org/3/a-j5365f.pdf

Dispositions réglementaires relatives aux organismes non indigènes utiles aux végétaux

Directive 2008/61/CE

Articles R. 258-1 À 9 Du Code Rural Et De La Pêche Maritime. Arrêté Du 28 Juin 2012

Ne concerne que la TIS « classique » : stérilisation par rayonnements ionisants (tels les rayons X)

Santé

Décret 1966 : lutte anti-moustique

Décision de méthode de lutte par arrêté préfectoral, définissant :

- *Zone de lâcher*
- *Modalités*
- *Indicateurs d'efficacité*
- *Evaluation annuelle*

Stratégies d'emploi

Selon situation écologique, menace de l'insecte nuisible, objectif du programme

Élimination : élimination d'une population locale (zone infestée / introduction récente).

- efforts limités dans le temps
- nécessite mesures de quarantaine à l'import et suivi permanent
- nouveaux marchés d'export lucratifs
- faible potentiel commercial

Ex : lucilie bouchère (Caraïbes jusqu'à Panama, Lybie), mouche tsétsé (Zanzibar), mouche du melon (Japon), teigne de la pomme *T.anartoides* (Nouvelle Zélande)…

Suppression : maintien population cible sous le seuil de nuisibilité économique, ou de transmission de pathogène.

- moins couteux en suivi
- effort permanent
- participation active des producteurs/riverains
- fort potentiel commercial

Ex : carpocapse (Canada), mouche méditerranéenne (Israël, Jordanie, Afrique du Sud, Madère, Espagne, Tunisie), mouche des fruits orientale *B.dorsalis* (Thaïlande), faux carpocapse *T.leucotreta* (Af. du Sud)…

Confinement : éviter la dispersion d'une espèce invasive en faible densité vers des territoires voisins.

- Protection des zones voisines, possibilité d'expansion
- Effort de communication
- Interruption échanges entre territoires

Ex : ver rose du cotonnier (*Pectinophora gossypiella*) aux USA, Mouche med à la frontière Mexique-guatemala.

-Bénéfice 4,5 milliard US$ / an

Prévention : éviter l'installation d'une espèce invasive menaçante.

- stratégie la plus rentable économiquement
- fort potentiel commercial

Ex : mouche méditerranéenne en Californie

- 300 millions de males stériles / semaine
- bénéfice 1300-1900 US$ /an

Hendrichs J, Vreysen MJB, Enkerlin WR, Cayol JP. Strategic Options in Using Sterile Insects for Area-Wide Integrated Pest Management. In: Dyck VA, Hendrichs J, Robinson A, editors. Sterile Insect Technique. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 2005. pp. 563–600.

Historique

1930 | 1940 | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010

AS Serebrovskii (Russie)
FL Vanderplank (Tanzanie)
EF Knipling (USA)

Elimination Lucilie bouchère *C. hominivorax* : USA, Mexique, Am.Centrale

- > 50 ans de campagne
- Coût >1 milliard US$ (sur 45 ans)
- Bénéfice annuel : 1,3 milliard$

HJ Muller : Induction mutations létales par rayons ionisants

Programmes à grande échelles contre les mouches des fruits

- Années 1970 : stop invasion mouche med *C.capitata* vers Mexique
- Années 1980-1990 : élimination mouche du melon *B.cucurbitacea* du Japon
- Années 1990 : élimination mouche med *C.capitata* du Chili
- …

Programmes à grande échelles contre des lépidoptères et coléoptères

Développement contre moustiques

Programmes contre mouche tsetse

Klassen W, Curtis CF. History of the Sterile Insect Technique. In: Dyck VA, Hendrichs J, Robinson AS, editors. Sterile Insect Technique. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 2005. pp. 3–36.
Dame DA, Curtis CF, Benedict MQ, Robinson AS, Knols BG. Historical applications of induced sterilisation in field populations of mosquitoes. Malar J. BioMed Central; 2009;8:1–10.

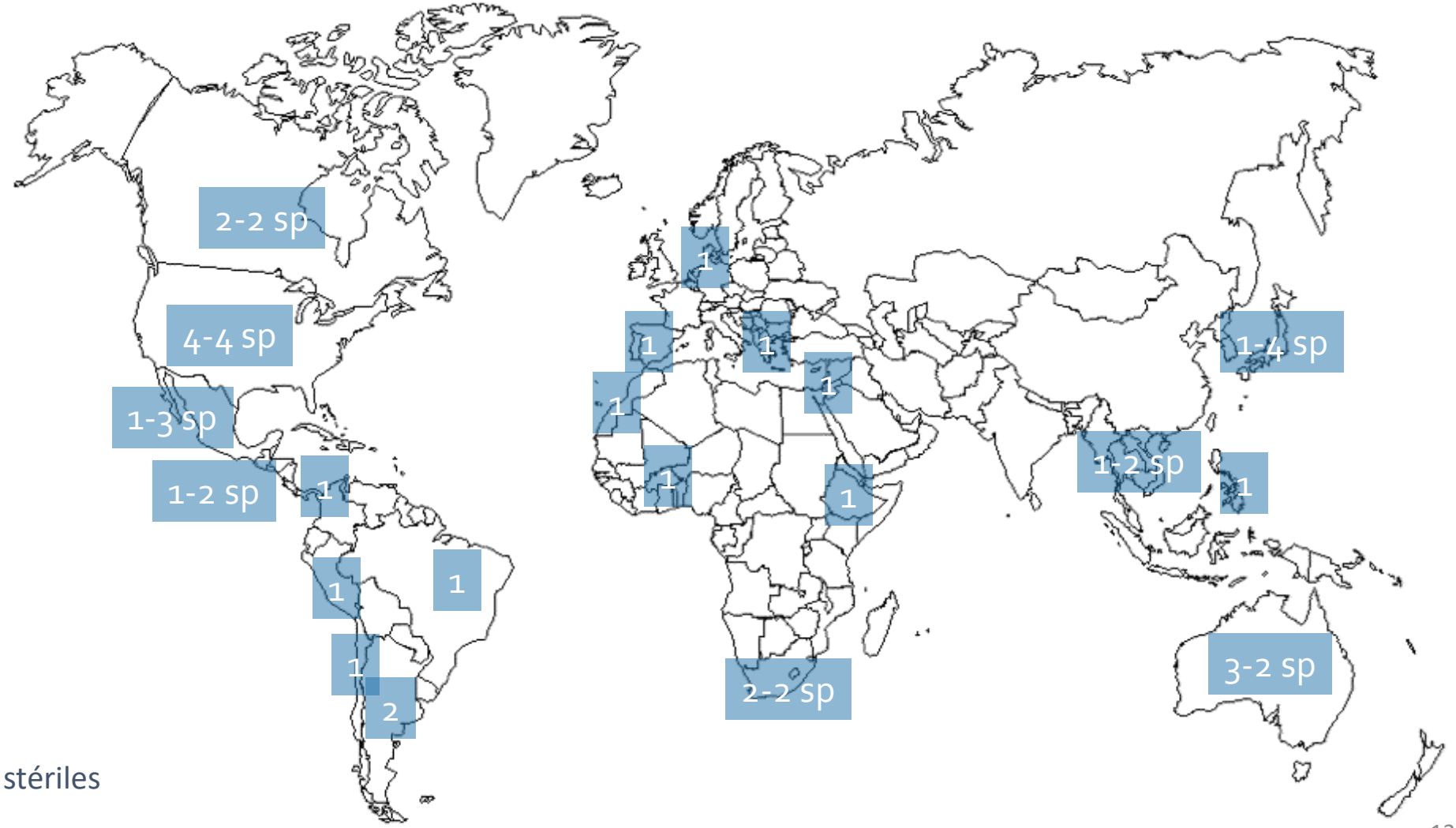
Insectes cibles actuels

Programmes de R&D pour > 25 espèces d'insectes

TRL 1	TRL 2	TRL 3	TRL 4	TRL 5	TRL 6	TRL 7	TRL 8	TRL 9
		Drosophila suzukii	Tordeuse orientale du pêcher *Grapholita molesta*	Mouche de la cerise *Rhagoletis cerasi*	*Neoleucinodes elegantalis*	Mineuse sud-américaine de la tomate *Tuta absoluta*	Légionnaire betterave *Spodoptera exigua*	Noctuelle de la tomate *Helicoverpa armigera*
		Fall armyworm *Spodoptera frugiperda*	Mouche de la tomate *Neoceratitis cyanescens*	Light brown apple moth *Epiphyas postvittana*	Pyrale de la canne à sucre *Diatraea saccharalis*	Mouche de la goyave *Anastrepha striata*	Teigne du caroube *Ectomyelois ceratoniae*	Coléoptère du palmier *R. ferrugineus*
		Punaise diabolique *Halyomorpha halys*	Moustique tigre *Ae.albopictus*	Moustique *Ae.aegypti*	Moustique *Ae.polynesiensis*	Moustique *An.arabiensis*	Mouche des semis *Delia platura*	Ver de la grappe *Lobesia botrana*
		Mouche de l'olive *Bactrocera oleae*	Mouche de la peche *Bactrocera zonata*	Charançon du cotonnier *Anthonomus grandis*	*Anastrepha serpentina*	*Eldana saccharina*	Charançon patate douce *Euscepes postfasciatus*	
			Lucilie bouchère *Cochliomyia hominivorax*	Tsetse flies *Glossina* sp.	Mouche méd *Ceratitis capitata*	Mouche orientale des fruits *Bactrocera dorsalis*	Mouche antillaise *Anastrepha obliqua*	Mouche mexicaine *Anastrepha ludens*
			Mouche Queensland *Bactrocera tryoni*	Mouche du melon *Bactrocera cucurbitae*	Mouche de l'oignon *Delia antiqua*	Carpocapse *Cydia pomonella*	Faux carpocapse *Thaumatotibia leucotreta*	Pink bollworm *Pectinophora gossypiella*
			Charançon de la patate douce *Cylas formicarius*	Pyrale du cactus *Cactoblastis cactorum*				

Programmes opérationnels à grande échelle pour 14 espèces d'insectes

Utilisation dans le monde

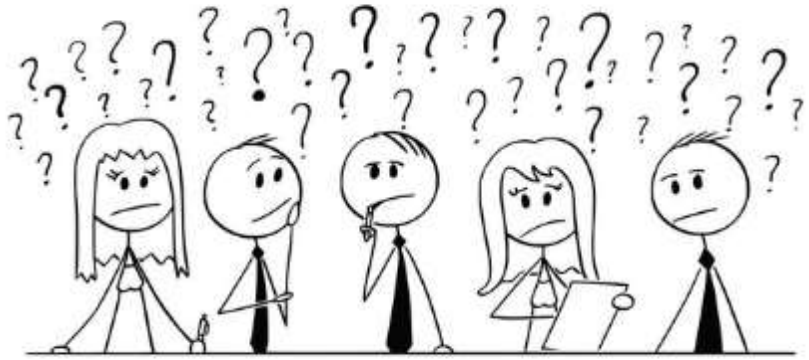


29 fermes d'élevage ou d'émergence d'insectes stériles

Contenu

- **Principe de fonctionnement de la TIS**
  - Concept théorique
  - Cycle de fonctionnement
  - Stérilisation
  - Avantages et contraintes
  - Complémentarité
  - Règlementation (France)
  - Stratégies d'emploi
  - Historique
  - Insectes cibles actuels
  - Utilisation dans le monde

Des questions ?

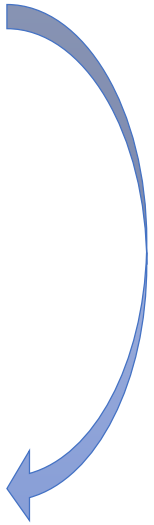


Contenu

- Compatibilités (insectes, contextes)
  - Conditions biologiques et écologiques
  - Prérequis technique
  - Prérequis économiques
  - Caractéristiques optimales

Compatibilités – choix d'une cible

Insectes d'intérêt économique et agricole / sanitaire / environnemental



Evaluation technico-économique du potentiel

- Recherche
- Opérateurs
- Usagers (producteurs / résidents)
- Pouvoirs publics

Co-construction

Conditions biologiques et écologiques

La TIS n'est pas adaptée à tous les insectes…

Caractéristiques incompatibles avec la TIS :

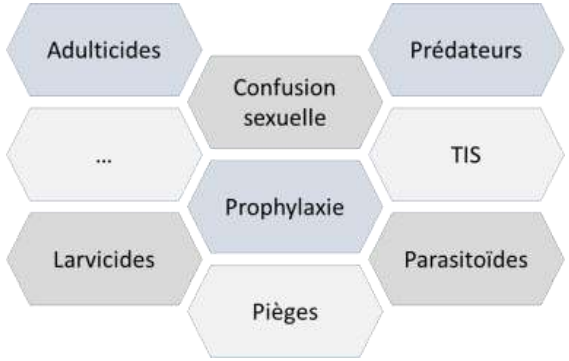
X Parthénogenèse
X Période de reproduction très éphémère et synchrone
X Sites de reproduction peu accessibles à des adultes stériles lâchés
X Forte sédentarité
X Durée du cycle de vie très étendue
X Insectes stériles pouvant eux-mêmes être nuisibles (ex. sauterelles, cafards…)
X Comportement migratoire sur de longues distances (ex. sauterelles…)

Caractéristiques challenging :

- Nécessité de séparer males/femelles
- Parthénogenèse facultative
- Insectes sociaux
- Mobilité des larves/nymphes (facilité élevage)
- Période de diapause
- Saisonnalité (synchronisation production et lâchers avec périodes spécifiques d'accouplement)
- Plusieurs plantes hôtes, répartition large
- Monophagie (difficulté élevage)
- Forte dispersion des femelles sauvages
- Compétition spermatique en défaveur du sperme stérile

Prérequis techniques

- ✓ **Possibilité d'élever, stériliser et distribuer suffisamment d'insectes pour atteindre un ratio de lâcher "innondatif" sur le terrain**
- ✓ **Capacité d'élevage continue et peu couteuse**
- ✓ **Mâles stériles capables de s'accoupler avec les femelles sauvages et compétitifs face aux mâles sauvages et**
- ✓ **Possibilité d'inclure la TIS dans une stratégie de lutte intégrée à l'échelle d'une zone entière**
- ✓ **Diminution population avant lâchers possible : variation naturelle / artificielle (si forte densités)**
- ✓ **Possibilité de suivi de surveillance par piégeage**

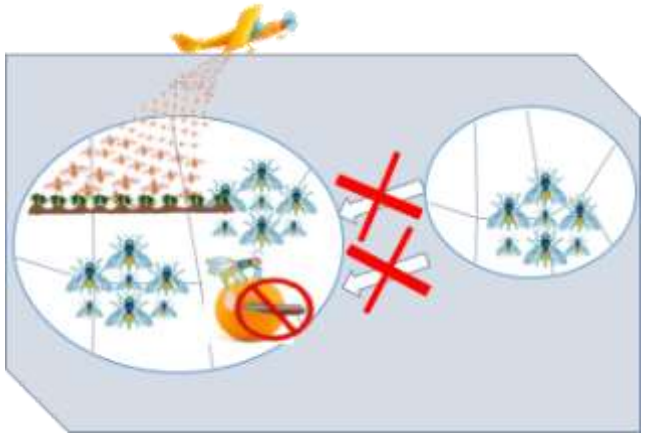


Prérequis économiques

- ✓ **Importance économique des dégâts /nuisance**
- ✓ **Absence d'alternative de lutte**
- ✓ **Gestion actuelle couteuse et/ou peu efficace**
- ✓ **Territoire concerné (surface, cultures)**
- ✓ **Statut de l'insecte (invasif)**
- ✓ **Apport financier initial (infrastructure / service terrain)**
- ✓ **Opportunités d'export des insectes stériles**
- ✓ **Bénéfices pour la vente (export) / tourisme**
- ✓ **Transférabilité (pour nouveau développement)**

Caractéristiques optimales

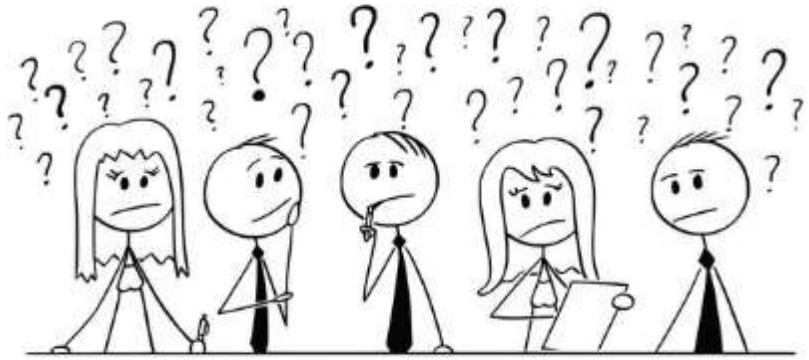
- ✓ **Possibilité de séparer mâles/femelles tôt dans le cycle**
- ✓ **Densité faible sur le terrain**
- ✓ **Distribution par patch dense sur un territoire restreint**
- ✓ **Faible dispersion des femelles sauvages**
- ✓ **Sites isolés**
- ✓ **Une espèce « nuisible » principale à gérer**



Contenu

- Compatibilités (insectes, contextes)
  - Conditions biologiques et écologiques
  - Prérequis techniques
  - Prérequis économiques
  - Caractéristiques optimales

Des questions ?



Contenu

- **Etapes du développement de la TIS (étude de faisabilité)**
  - Connaissances biologiques et écologiques de l'insecte
  - Développement technique
  - Etude du terrain
  - Nécessité d'un essai pilote
  - Choix des sites pour un essai pilote

Connaissances biologiques et écologiques

Reproduction

- ✓ Maturité sexuelle
- ✓ Formation de lek?
- ✓ Comportement de cour
- ✓ Choix de partenaires
- ✓ Accouplements multiples femelle?
- ✓ Compétition spermatique
- ✓ Période réfractaire (femelle)?
- ✓ Capacité d'accouplement (mâle)
- ✓ Durée stockage sperme (hiver)

Comportement des populations

- ✓ Hibernation/diapause
- ✓ Fruits hôtes / gîtes
- ✓ Comportement de ponte
- ✓ Période d'accouplement
- ✓ Site d'accouplements
- ✓ Sites de repos

Dynamique des populations

- ✓ Cycle de développement (selon temp)
- ✓ Période d'activité / déplacement
- ✓ Distance / couloirs de dispersion

→ Modélisation

Développement technique

Elevage

- ✓ Milieu, nourriture (stade immature, adultes)
- ✓ Collecte œufs, nymphes
- ✓ Équipements d'élevage en masse
- ✓ Méthode de tri des stades
- ✓ Méthode de tri mâles/femelles

Stérilisation

- ✓ Dose optimale
- ✓ Stade et âge optimal
- ✓ Stérilité des femelles
- ✓ Stérilité des F1 éventuelles
- ✓ Capacité de dégât des femelles stériles
- ✓ Qualité des mâles stériles

Conditionnement, transport, lâchers

- ✓ Stade, âge
- ✓ Modalité, équipements
- ✓ Effet sur survie, qualité

Contrôle Qualité

- ✓ Survie
- ✓ Dispersion
- ✓ Accouplement
- ✓ Compétition

Monitorage

- ✓ Pièges
- ✓ Stades
- ✓ Dégâts / épidémio

Etude du terrain

Site caractérisé

- Paysage (hot-spots, corridors)
- Variation spatio-temporelle densité insecte cible

Options stratégiques

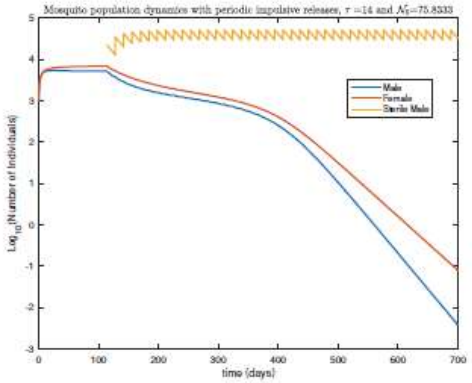
- Autres outils de gestion compatibles
- Présence autres insectes ravageur / vecteur (et moyens de gestion)

Contexte identifié

- Territoire (éco & agrosystème)
- Enjeux de gestion du ravageur(s)/culture(s) ou vecteur de maladie
- Politique et financier
- Règlementaire

Stratégie de lâchers

-période
-ratio/quantité
-fréquence
-sites
-"pulse"



Stratégie AW-IPM

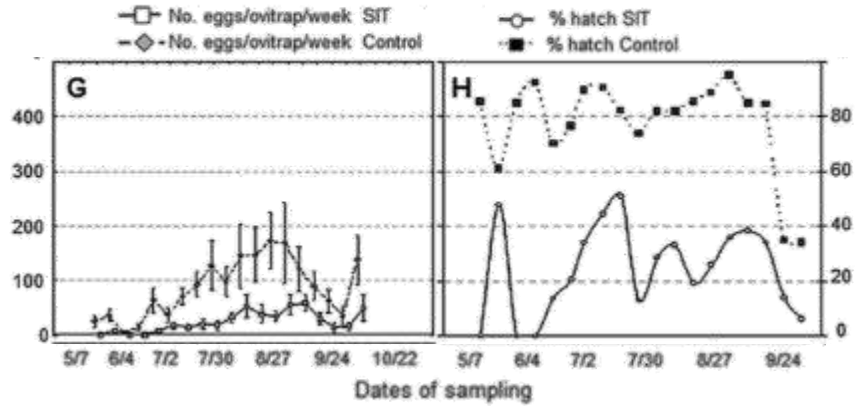
-objectif final
-combinaison d'outils
-rôle de chaque partie-prenante
-coordination
-communication / information
-effets à mesurer (entomo, epidemio, économique, environnementaux..)

→ **Recours à la modélisation**

M Strugarek, H Bossin, Y Dumont, On the use of the sterile insect release technique to reduce or eliminate mosquito populations, Applied Mathematical Modelling, Volume 68, 2019: 443-470,
PA Bliman, D Cardona-Salgado, Y Dumont, O Vasilieva. Implementation of Control Strategies for Sterile InsectTechniques. Mathematical Biosciences, 2019, 314, pp.43-60

Nécessité d'un essai pilote

- ❑ Valider efficacité dans une stratégie intégrée locale
  - ❑ Évaluer l'impact de la stratégie de lâcher
  - ❑ Évaluer la faisabilité technique / logistique
  - ❑ Évaluer les coût/bénéfices économiques
  - ❑ Étudier les impacts écosystémiques
- ❑ Définir une démarche opérationnelle durable
  - ❑ Définir le rôle et coordination des parties prenantes
  - ❑ Évaluer les perceptions
  - ❑ Étudier les impacts socioéconomiques
  - ❑ Proposer des scénarios organisationnels (gouvernance / plan de financement) → <u>Approvisionnement en insectes stériles</u> :
    - Import
    - Production locale
- ❑ Pratiquer : entrainement pour le déroulement d'un programme opérationnel
- ❑ Convaincre de l'intérêt (utilisateurs, investisseurs, décideurs)



Ex: SIT trial Ae.albopictus Italy (Bellini et al 2013)

⚠ *Estimer un budget sur minimum 3 ans…*

⚠ *Un essai pilote sera toujours plus couteux qu'un programme à grande échelle*

Choix des sites pour un essai pilote

- Similarité de sites test et référence : entomologique, paysage, climat, végétation, contexte social (moustique)

→ *Au minimum 1 an de suivi entomologique préliminaire*

- Sites test et référence suffisamment éloignés

→ *Connaitre distances de dispersion des individus sauvages et stériles*

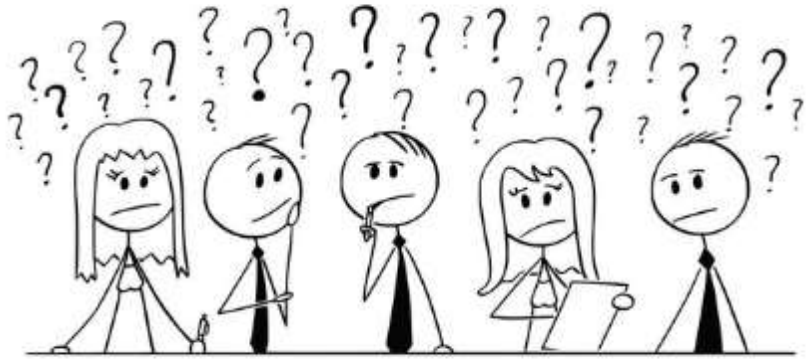
- Sites test:
  - Surface et densité insectes sauvages compatible avec capacité de production
  - Isolement (géographique (île), topographique (bassin de culture dans une vallée), ou écologique (cultures non-hôtes ou zone désertique / non cultivée).
  - Logistique : proche des sites d'approvisionnement et laboratoire (travaux terrain au moins 1/semaine)

⚠ *Un mauvais choix de site peut risquer l'avenir de tout le programme*

Contenu

- **Etapes du développement de la TIS (étude de faisabilité)**
  - Connaissances biologiques et écologiques de l'insecte
  - Développement technique
  - Etude du terrain
  - Nécessité d'un essai pilote
  - Choix des sites pour un essai pilote

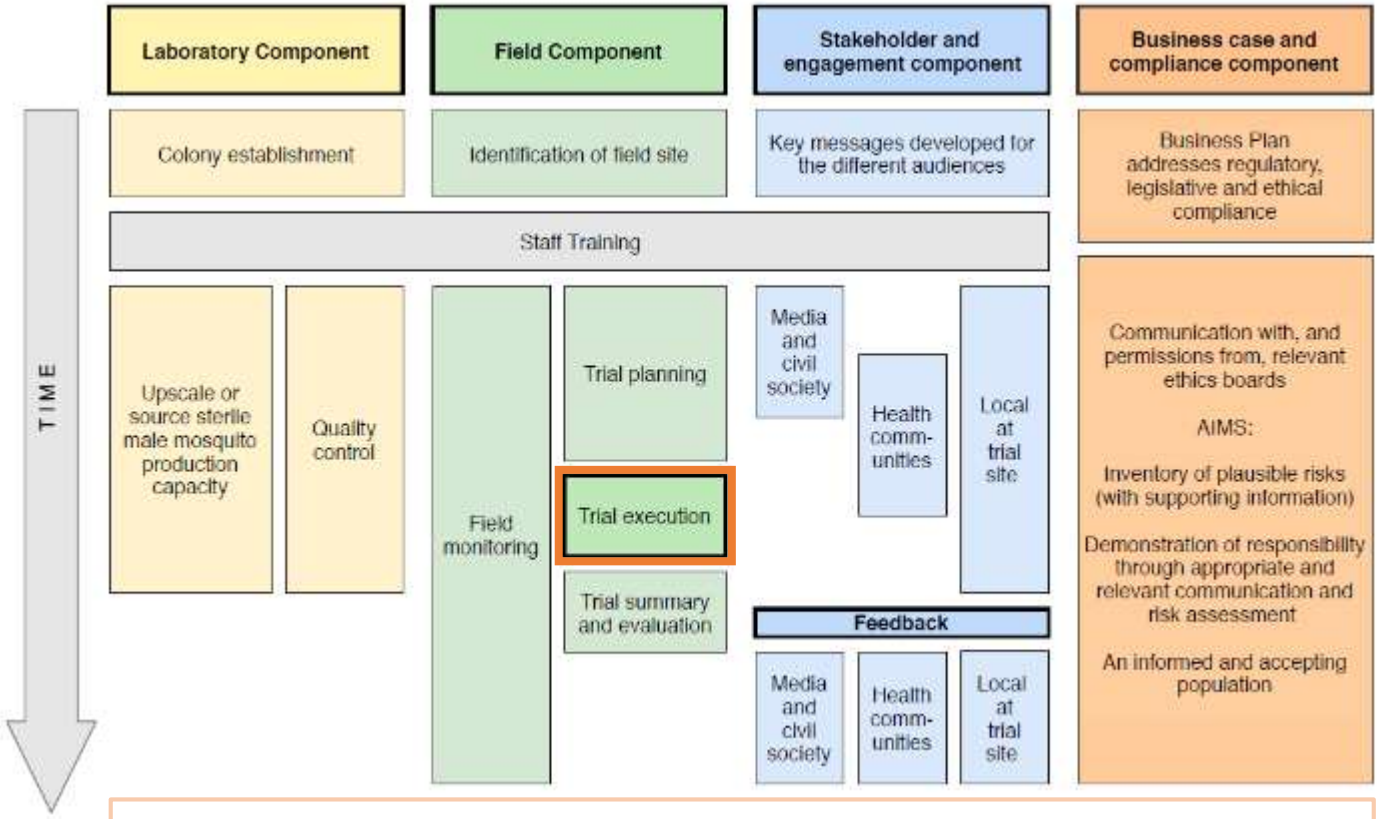
Des questions ?



Contenu

- De la recherche à l'opérationnel
  - Acquisition progressive des capacités techniques et humaines
  - Déploiement par phases
  - Progression territoriale graduelle

Acquisition progressive des capacités techniques et humaines



Recherche

Opérateurs

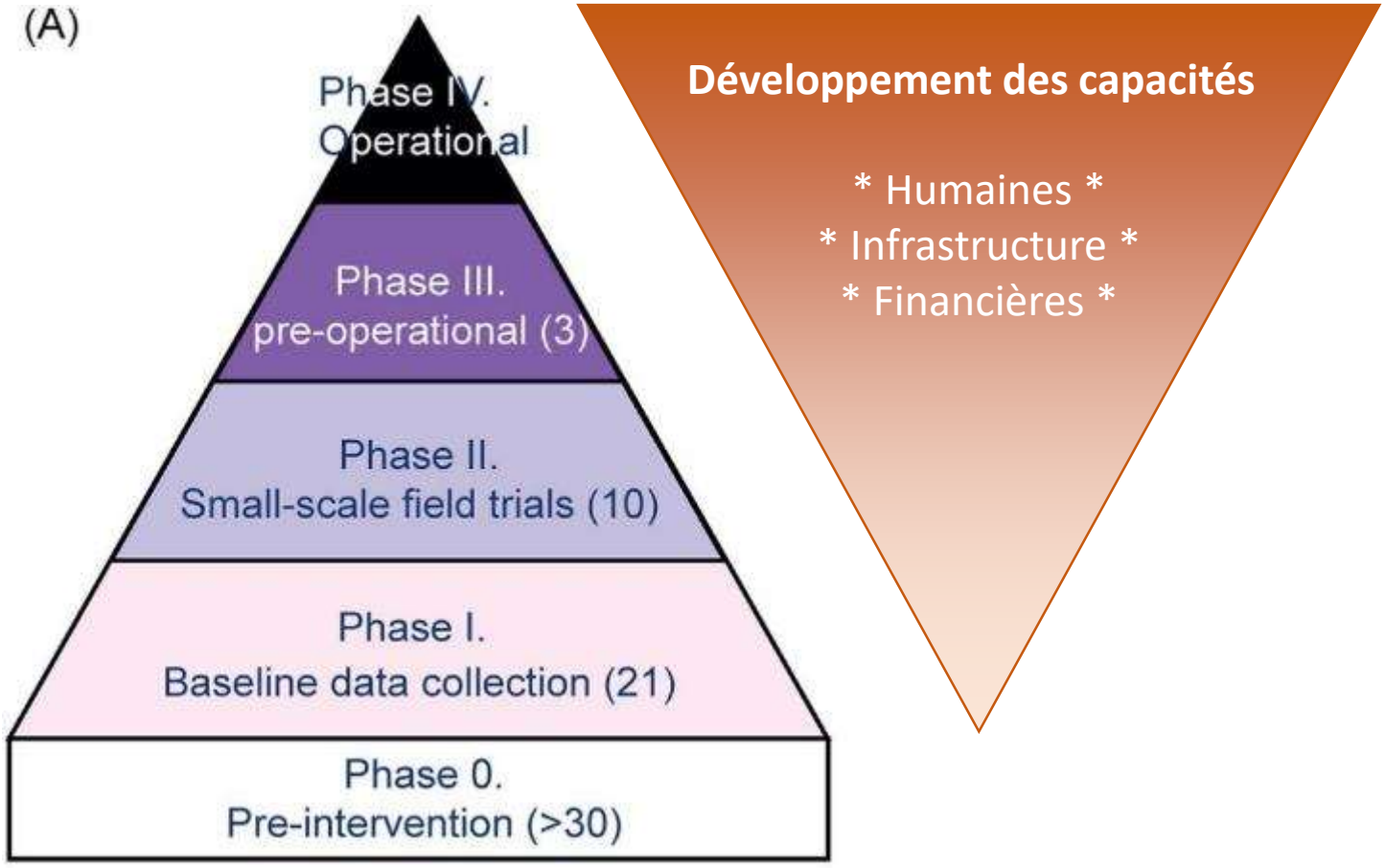
Usagers (producteurs / résidents)

Pouvoirs publics

Co-construction

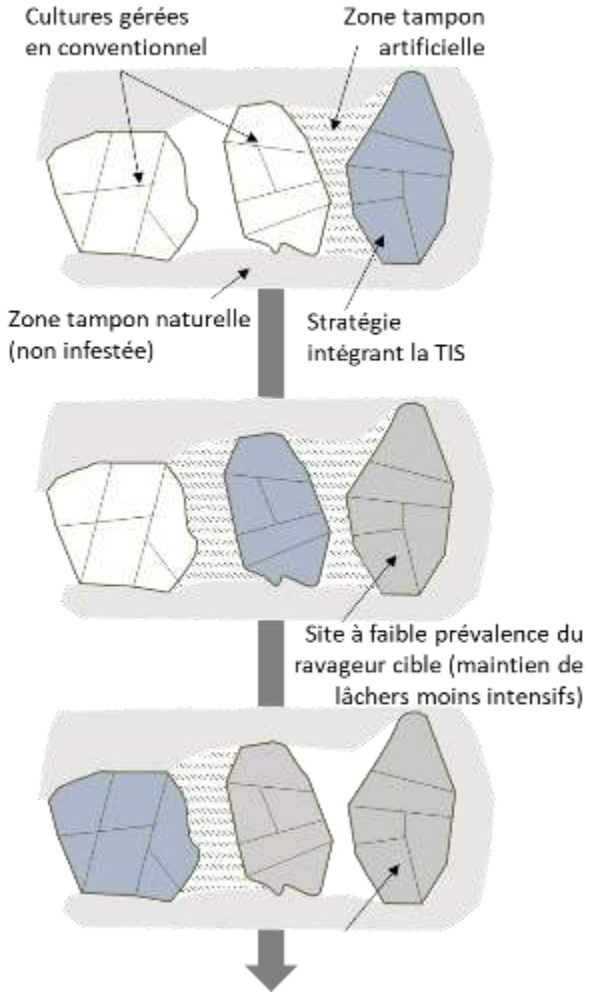
Oliva et al, Sterile Insect Technique (SIT) against Aedes species mosquitoes: A Good Practice Framework and Roadmap for designing, establishing and evaluating pilot field trials, article soumis

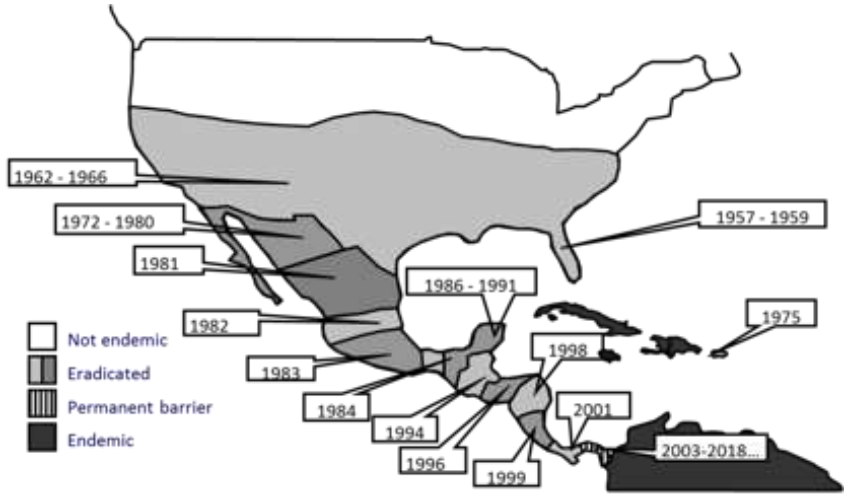
Déploiement par phase



Bouyer et al. Phased Conditional Approach for Mosquito Management Using Sterile Insect Technique. Trends in Parasitology 2020 36, 325-336DOI: (10.1016/j.pt.2020.01.004)

Progression territoriale graduelle





Ex. Elimination Lucilie bouchère

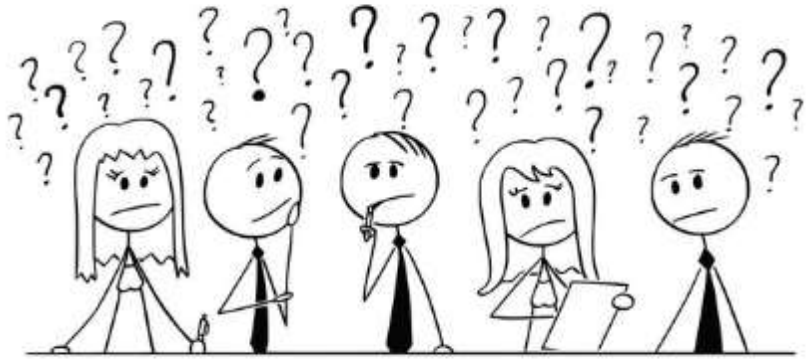
Wyss 2000. Screwworm Eradication in the Americas

Oliva et al. La Technique de l'Insecte Stérile; Ses perspectives d'adoption en France.
Infos CTIFL Mars 2020

Contenu

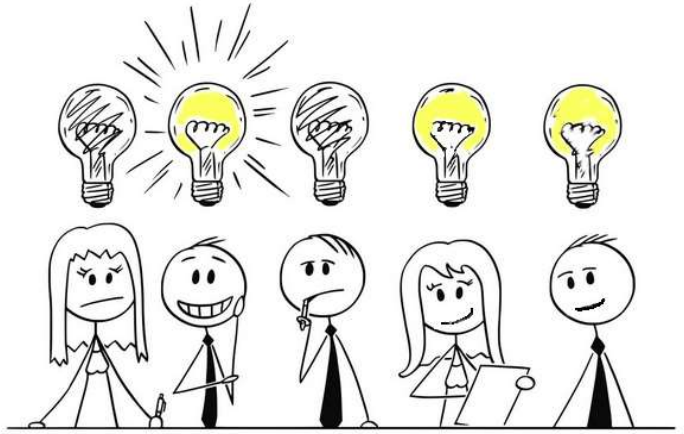
- De la recherche à l'opérationnel
  - Acquisition progressive des capacités techniques et humaines
  - Déploiement par phases
  - Progression territoriale graduelle

Des questions ?



Contenu

- Introduction
- Principe de fonctionnement de la TIS
- Compatibilités (insectes, contextes)
- Etapes du développement de la TIS (étude de faisabilité)
- De la recherche à l'opérationnel
- Principes opérationnels d'une ferme d'élevage TIS
- Déploiement à petite et grande échelle
- Conditions de succès (questions techniques et économiques)
- Étude de cas



Contenu

- Introduction
- Principe de fonctionnement de la TIS
- Compatibilités (insectes, contextes)
- Etapes du développement de la TIS (étude de faisabilité)
- De la recherche à l'opérationnel
- Principes opérationnels d'une ferme d'élevage TIS
- Déploiement à petite et grande échelle
- Conditions de succès (questions techniques et économiques)
- Étude de cas

UNIVERSITEIT STELLENBOSCH UNIVERSITY

Alterna-FRUIT

UNIVERSITY of the WESTERN CAPE

LAEVELD AGROCHEM
Sedert 1991

STERIELE INSEK TEGNIEK
FRUITFLY AFRICA
STERILE INSECT TECHNIQUE

ENTOMON
STERILE INSECT RELEASE

CBS

GSB
Graduate School of BUSINESS
UNIVERSITY OF CAPE TOWN

Contenu

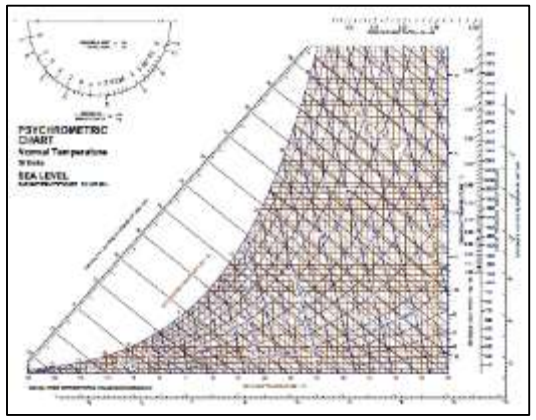
- Principes opérationnels d'une ferme d'élevage TIS
  - Localisation des installations - implications sur la logistique
  - Conception d'installations et d'équipements
  - Technologie pour lâchers
  - Ressource humaine

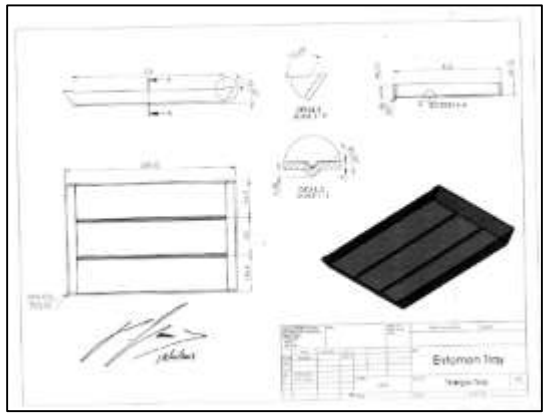
Localisation des installations - implications sur la logistique

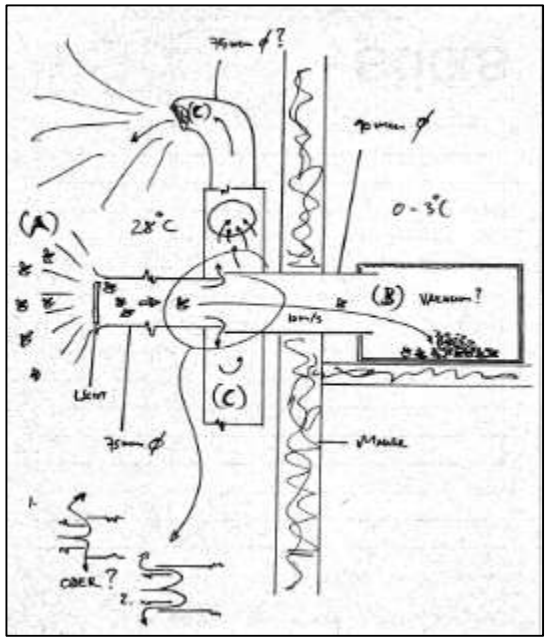
Localisation de l'installation d'élevage d'insectes

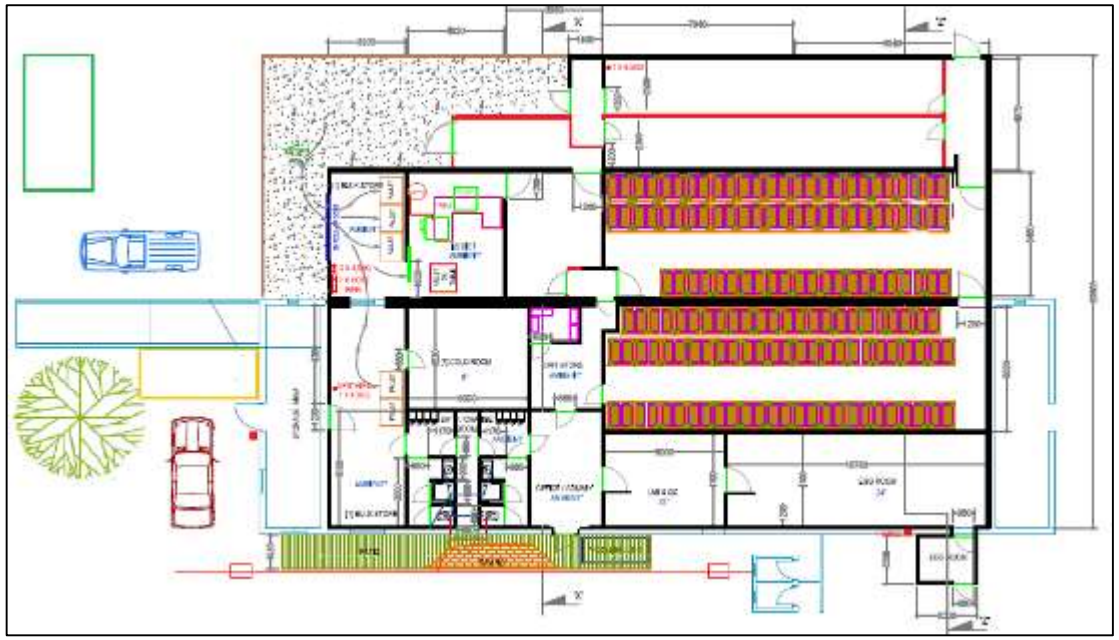
- Zone de production - plus le marché est proche, mieux c’est
  - Perte de qualité pendant le transport (dommages causés aux insectes)
  - Coût de transport
  - Temps du personnel
- Disponibilité de l'expertise (personnel)
- Disponibilité des services d'assistance / maintenance
- Disponibilité des fournitures
  - Livraison et matières premières (ingrédients)
  - Enlèvement des déchets
- Coût de l'emplacement (loyer)

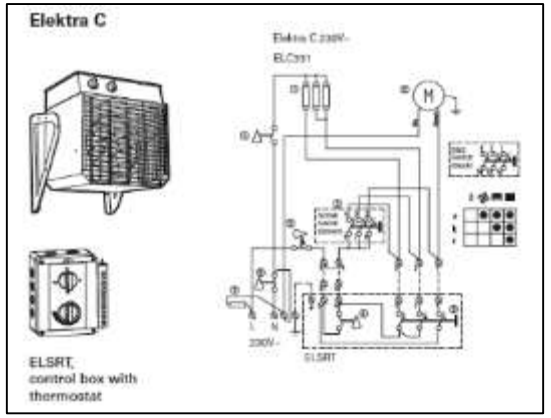
Conception d'installations et d'équipements

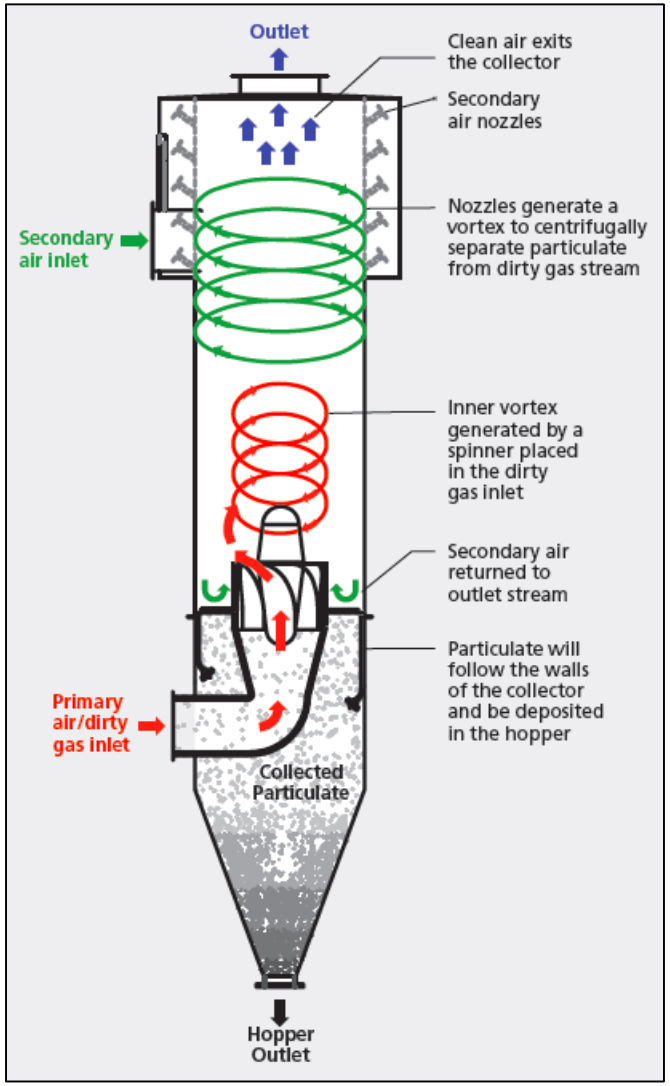








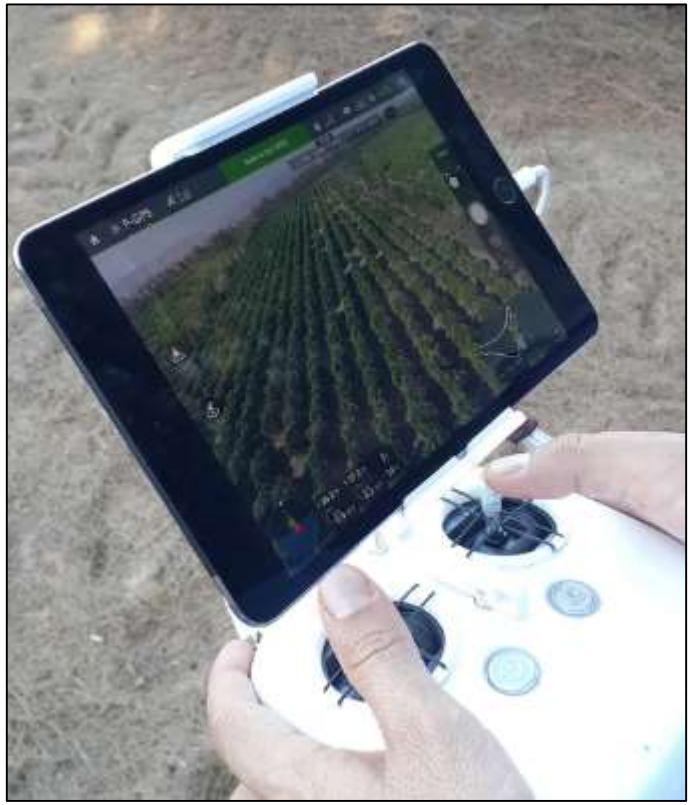




Conception et équipement

- Dépend de la maturité de la technologie
- Besoins de services d'assistance
- Risque biologique (fuite d'insectes et infestation de vergers)
- Compétences requises (formation vs travail physique)
- Développement sur site en collaboration avec le personnel de l'établissement.
  - Utilisateurs
  - Équipes de maintenance
  - Équipes de contrôle qualité/inspection

Technologie pour lâchers

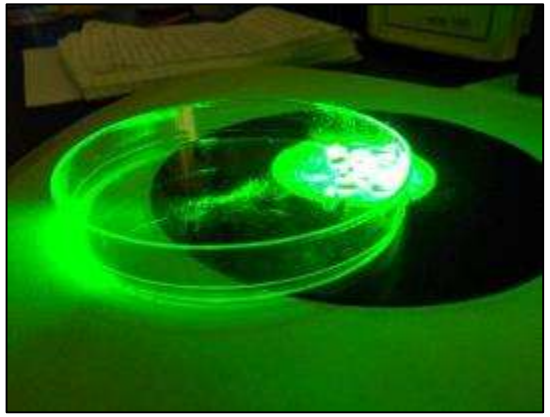


Technologie pour lâchers

- Lâchers manuels ou télécommandés
  - Utiliser ce qui fonctionne, pas parce que c'est «cool»
- Mécanismes / méthodes dépendants de :
  - Espèces d'insectes
  - Coût de production
  - Type de programme (élimination / suppression)
  - Portée / taille
  - Législation locale (limitations aéronautiques, etc.)
- Manipulation réfrigérée cruciale
  - Entretien de la chaîne du froid
  - Autres mesures / matériaux facilitant la manipulation

Qualité des insectes - prévention des dommages aux ailes et aux antennes.

Personnel



Ressource humaine

- Rôle crucial sur la qualité de la production
- Formation continue (compétences)
- Dévouement… motivation/ mesures d'encouragement, satisfaction dans le travail
- Confiance!
- Image de l'entreprise auprès des producteurs
  - Premiers points de contact avec producteurs ; opportunités de construire ou détruire les relations

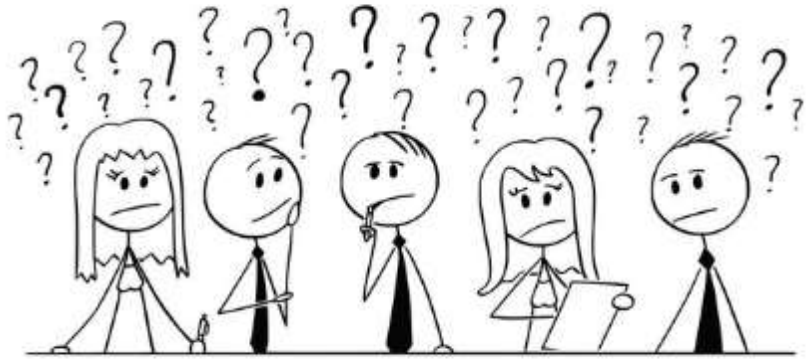
Confiance des producteurs - par communication

Production de qualité – dévouement

Contenu

- **Principes opérationnels d'une ferme d'élevage TIS**
  - Localisation des installations - implications sur la logistique
  - Conception d'installations et d'équipements
  - Technologie pour lâchers
  - Ressource humaine

Des questions ?



Contenu

- Déploiement à petite et grande échelle
  - Importance de la phase pilote
  - Equipement & ajustements progressifs
  - Scaling: Semi-commercial vers Commercial

Importance de la phase pilote

- Preuve de concept
  - Cruciale pour développer la confiance des utilisateurs (producteurs, clients,…)
  - Apprendre des microenvironnements (petite échelle)
  - Amélioration de la qualité – construire/développer des standards
- Déterminer les capacités
  - Physiques
  - Economiques
  - Demande… (valider les études de marché et les hypothèses)
- Convaincre les financeurs…

Preuve de concept - étudier les conditions locales

Equipement & ajustements progressifs

- Flexibilité du design
  - Prototyper et accepter l'échec
- Exigences énergétiques
  - Électricité (chaleur & refroidissement), recyclage énergétique
- Maintenance & pannes
  - climatisation
  - Filtres (air, eau)
- Utilisation de l'eau
  - Eaux usées
- Changements progressifs (petits & graduels)
  - Insectes = organisme vivants
  - Changements dans leur environnement = stress
- Nécessité de comprendre chaque petit changement
  - Consigner et analyser chaque étape

Dimensionnement : Semi-commercial vers Commercial

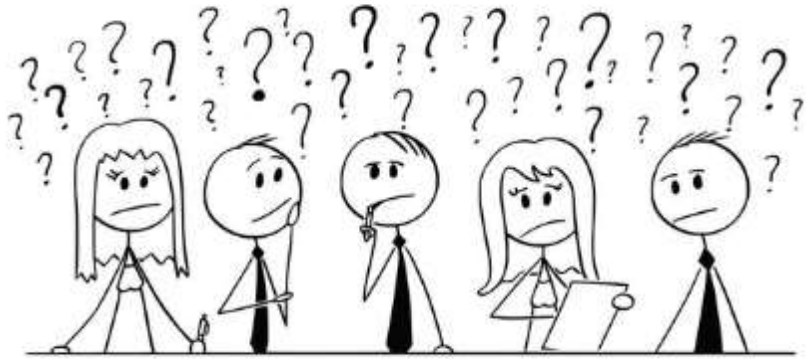
- Attiser l'intérêt dès que possible (exemple Agri-Protein)
  - Clients potentiels
  - Clients payent le prix réel dès le début
    - Entomon : échec des mesures de subventions (attentes des producteurs)
    - Les économies d'échelle doivent être atteintes pendant cette phase
  - Mesures d'incitation du personnel pour produire des insectes de qualité
- Ne peut PAS devenir une phase commerciale
  - Dépend toujours de soutien financier / subventions
  - Conserver les bénéfices, 'rembourser plus tard'
- Besoins financiers (au moins 2x budget)
  - Imprévus, échec de production, ajustement des équipements

- Commercialisation
  - Déployée uniquement si la phase semi-commerciale (ci-dessus) s'est révélée viable
  - **Pas le droit à l'erreur**

Contenu

- Déploiement à petite et grande échelle
  - Importance de la phase pilote
  - Equipement & ajustements progressifs
  - Scaling: Semi-commercial vers Commercial

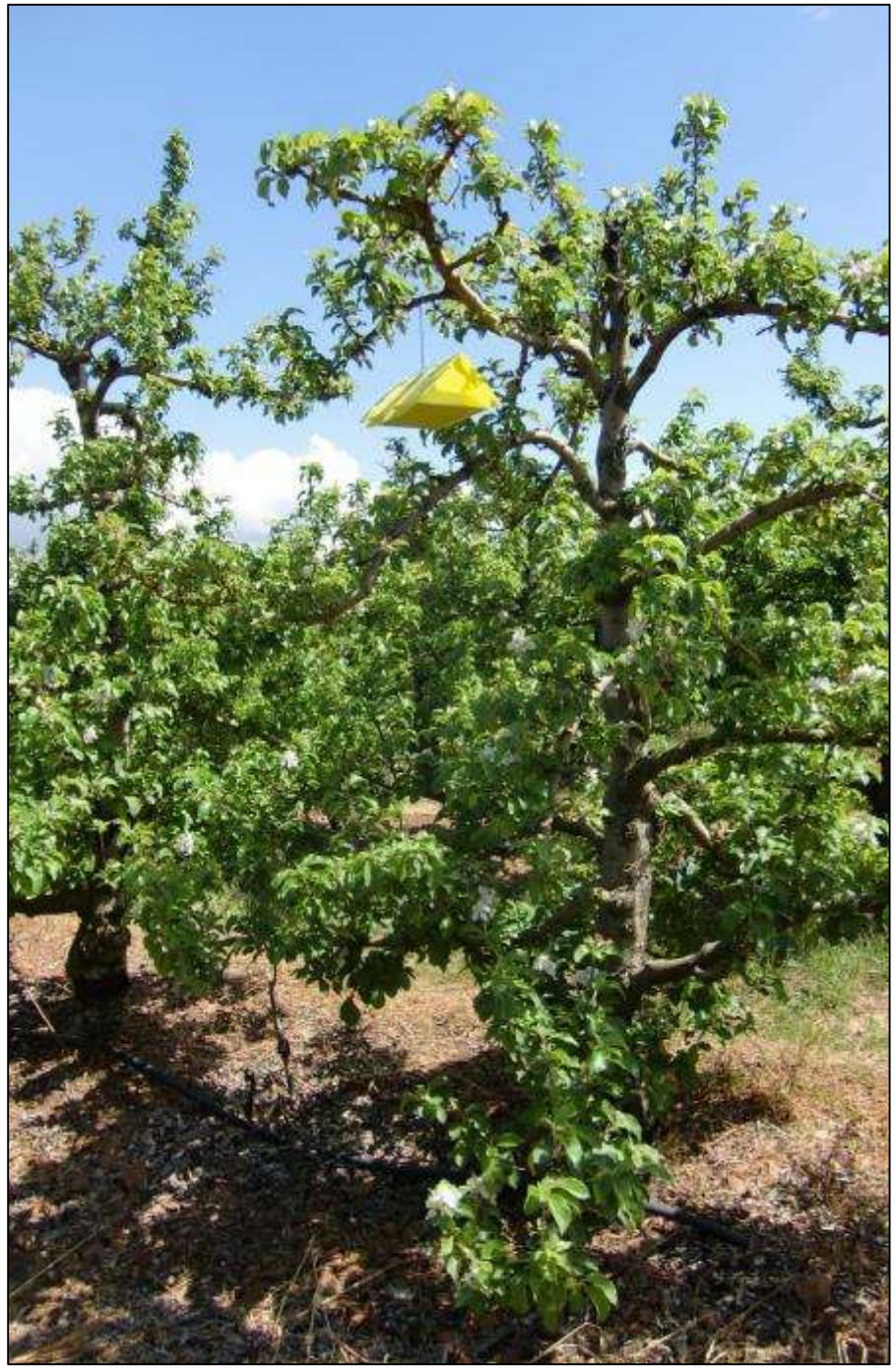
Des questions ?

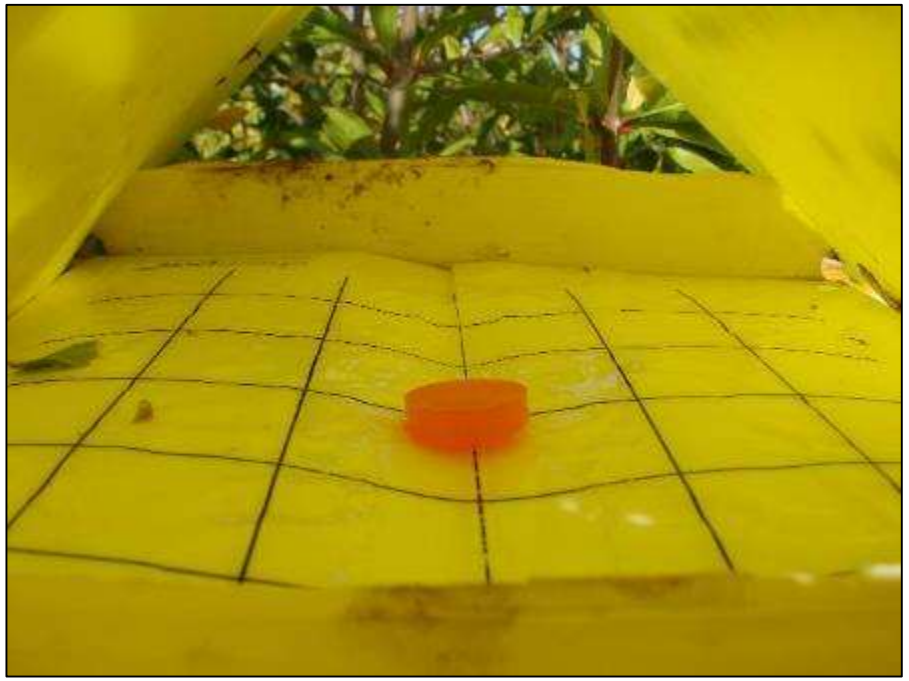


Contenu

- Conditions de succès (questions techniques et économiques)
  - Surveillance & archives
  - Apprendre de ses erreurs
  - Collaboration : Accès aux instituts de recherche & partenaires industriels
  - Interaction avec les producteurs

Surveillance





Surveillance & archives

- Volumes de production et fluctuations dépendantes de :
  - Temperature
  - Humidité
  - Circulation d'air & débit
  - Fréquence de nettoyage/replacement des filtres
  - Planning de service du staff
- Données de contrôle qualité accessibles – crucial pour la confiance des producteurs / utilisateurs!
- Surveillance terrain – preuve!
  - Registres d'exploitation (fiables et diffusables?) vs registres du programme de lâchers
    - Importance de la vérification des données

Apprendre de ses erreurs

- On ne peut apprendre que lorsque les « erreurs » sont identifiées et mesurées
  - Erreur vs non-respect du protocole
  - Ne pas punir le staff pour signaler les erreurs
- Technologie « infaillible »
  - Un design qui favorise l'efficacité. Faciliter le déroulement des opérations
  - Le co-design des équipements par le personnel
- Surenchère des équipements de pointe
  - Ne développer de nouveaux design que pour aider
  - Ne développer une approche « chaine de production » que sur demande du personnel

Celui qui ne fait aucune erreur ne fait aucun progrès **(Theodore Roosevelt)**

📈 Collaboration : Accès aux instituts de recherche & partenaires industriels

- Importance de sous-traiter la recherche
  - Pertinence et qualité de la recherche
  - absence/moins de biais
  - Accès à des réseaux mondiaux (IAEA-IPC) – partage de connaissances
  - Financements extérieurs
- Synergies avec de grandes industries – IPM (protection intégrée)
  - Partenariat pour des produits/technologies complémentaires
    - Appâts pour mouches des fruits (diffusion aériennes de GF120)
    - Confusion sexuelle
    - Granulovirus contre carpocapse et faux carpocapse
    - Parasitoïdes d'œufs
    - Nématodes et champignons entomopathogènes

Interaction avec les producteurs (le client)

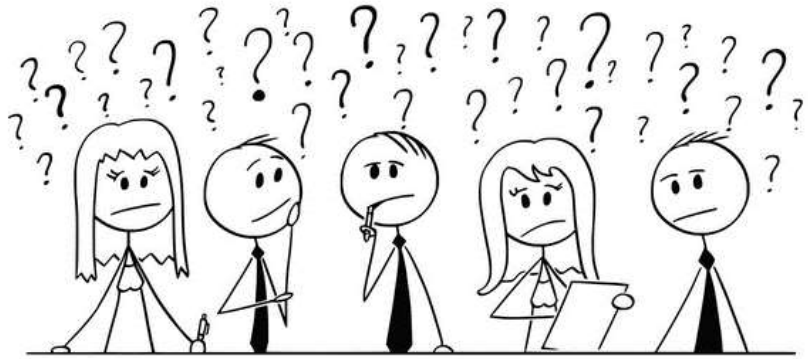
- Point de vue du producteur
  - Besoin de résultats tangibles
  - Mesures de protection efficaces
  - Réduction des coûts
  - commercialisables – amélioration de la valeur du produit (vente)?
- Point de vue du programme
  - Encourager l'interaction et le feedback des producteurs/utilisateurs
  - Flexibilité pour ajuster les besoins
  - Résoudre les interrogations/préoccupations

Comprendre les besoins des agriculteurs

Contenu

- Conditions de succès (questions techniques et économiques)
  - Surveillance & archives
  - Apprendre de ses erreurs
  - Collaboration : Accès aux instituts de recherche & partenaires industriels
  - Interaction avec les producteurs

Des questions ?



Contenu

- Étude de cas
  - Entomon Technologies (Pty) Ltd
  - Xsit (Pty) Ltd – faux carpocapse
  - Fruitfly Africa (Pty) Ltd – mouche méd

Entomon Technologies (Pty) Ltd

- Jusqu'à 2004: de la recherché à l'essai pilote
  - Preuve de concept
  - Développer un model de production low-cost
- 2005-2008: redimensionnement de la phase pilote
  - échelle, plus de preuve de concept
- 2008-2009: de l'échelle « recherche » vers la phase (semi) commerciale
  - Nouveau designs
  - Nouvelles méthodes de production
  - Design d'une nouvelle structure de 48 unités d'élevage sur un même modèle (dont la viabilité n'avait pas été prouvée)
- 2010-2013: Phase semi-commerciale – essai & erreur
  - Délais de construction (6 mois) – une saison de lâcher perdue
  - Contrats commerciaux : défaut de livraison, manque à gagné, incapable de respecter le budget
  - Problèmes d'échelle
  - Problèmes de capacité de production
  - Problèmes de contamination
  - Problèmes de personnels
  - Approvisionnement électrique (délestage)…
- 2013-2014: Phase semi-commercial –production stable
  - Qualité souhaitée atteinte
  - Perte de la confiance des utilisateurs
  - Impossibilité d'atteindre les objectifs du business plan initial

Capacité: 1.3 million carpocapses /semaine (max 2m)

Défis majeurs

Surestimation de la demande – pas d'étude de marché

Erreur d'aller vers une stratégie commerciale

Trop ambitieux et grand saut du pilote vers le semi-commercial… système complètement nouveau développé au lieu d'un redimensionnement – nécessitait un nouveau «pilote»

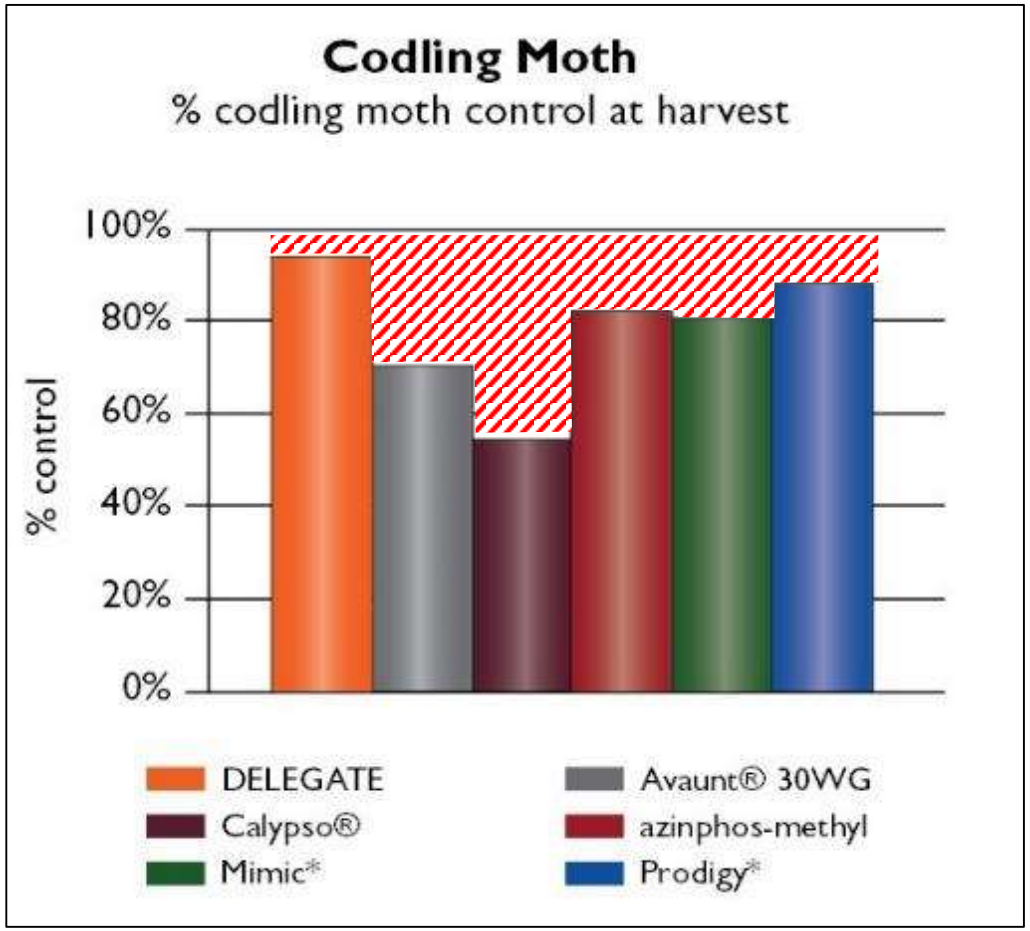
Pourquoi la TIS contre carpocapse ?

- Outil supplémentaire/alternatif pour la gestion du carpocapse
  - Couverture plus efficace (comportement « cherche et trouve »)
  - Pas de problèmes de resistance
  - Réduction des coûts en cas de faible infestation
- En ligne avec la stratégie de recherche de l'association de producteurs Hortgro Science
  - Alternative non-chimique et écologique
  - Renforcement des compétences
  - A rendu possible les recherches sur les entomopathogènes
- Développement de futures marchés
  - Production « verte » – Afrique du sud est le seul pays producteur de pommes et poires de l'hémisphère Sud pouvant s'en vanter

Pourquoi la TIS contre carpocapse ? continue…

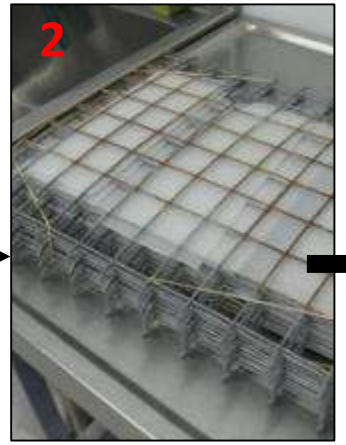
Résistance et fiabilité des mesures de contrôle, motivations en Afrique du Sud;

- 33 substances actives enregistrées
- 22 études de résistance documentées (1956 à 2011)
- 7 substances actives utilisées localement
- dépendance à 2 produits principaux depuis Altacor (2008) & Delegate (2010)
- 1 étude de résistance locale publiée…
- 1 fournisseur de phéromone (Shin-Etsu) (fiabilité, prix & disponibilité?)

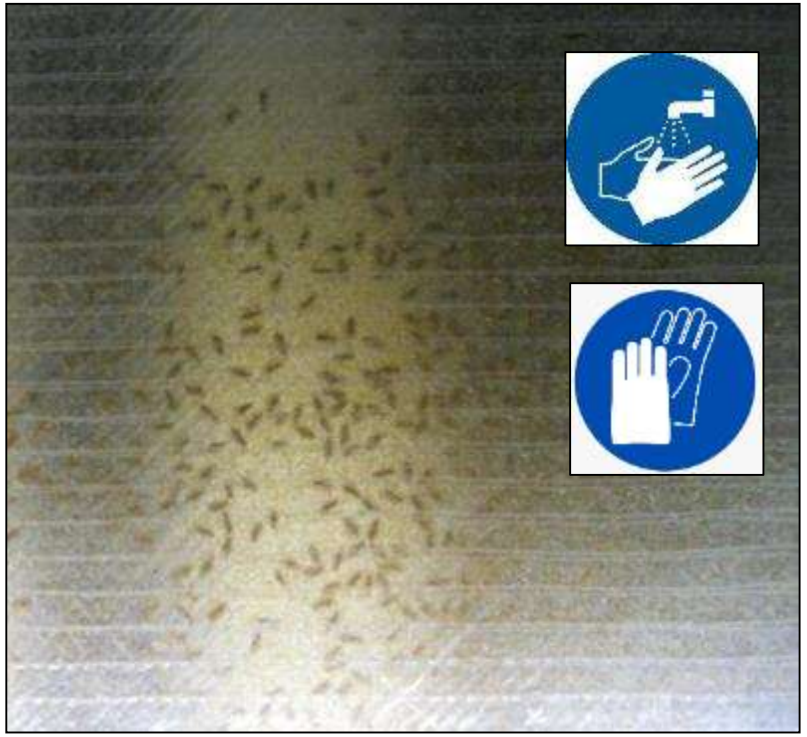


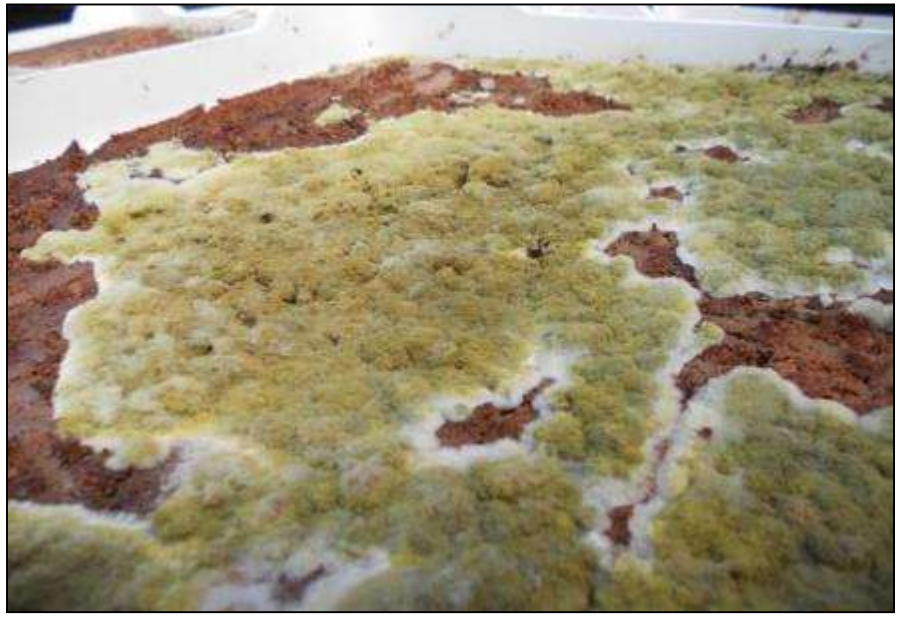
Sources: DAFF Guide for control of plant pests, Michigan State University database on Insecticide Resistance & Corteva (Dow AgroScience) technical brochure on Delegate.

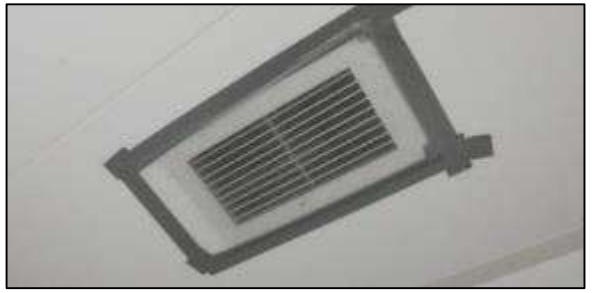
Cycle de production



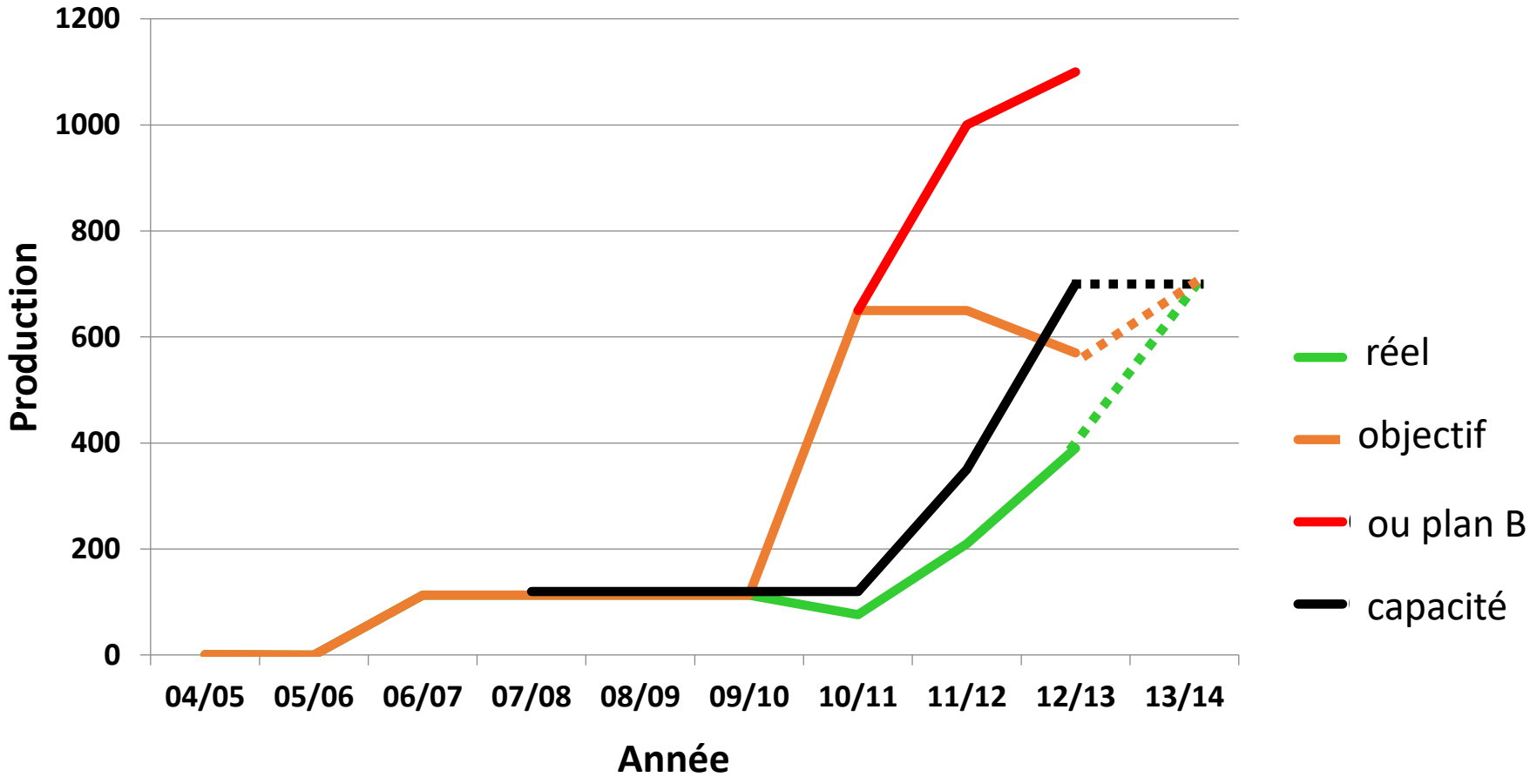
Contamination





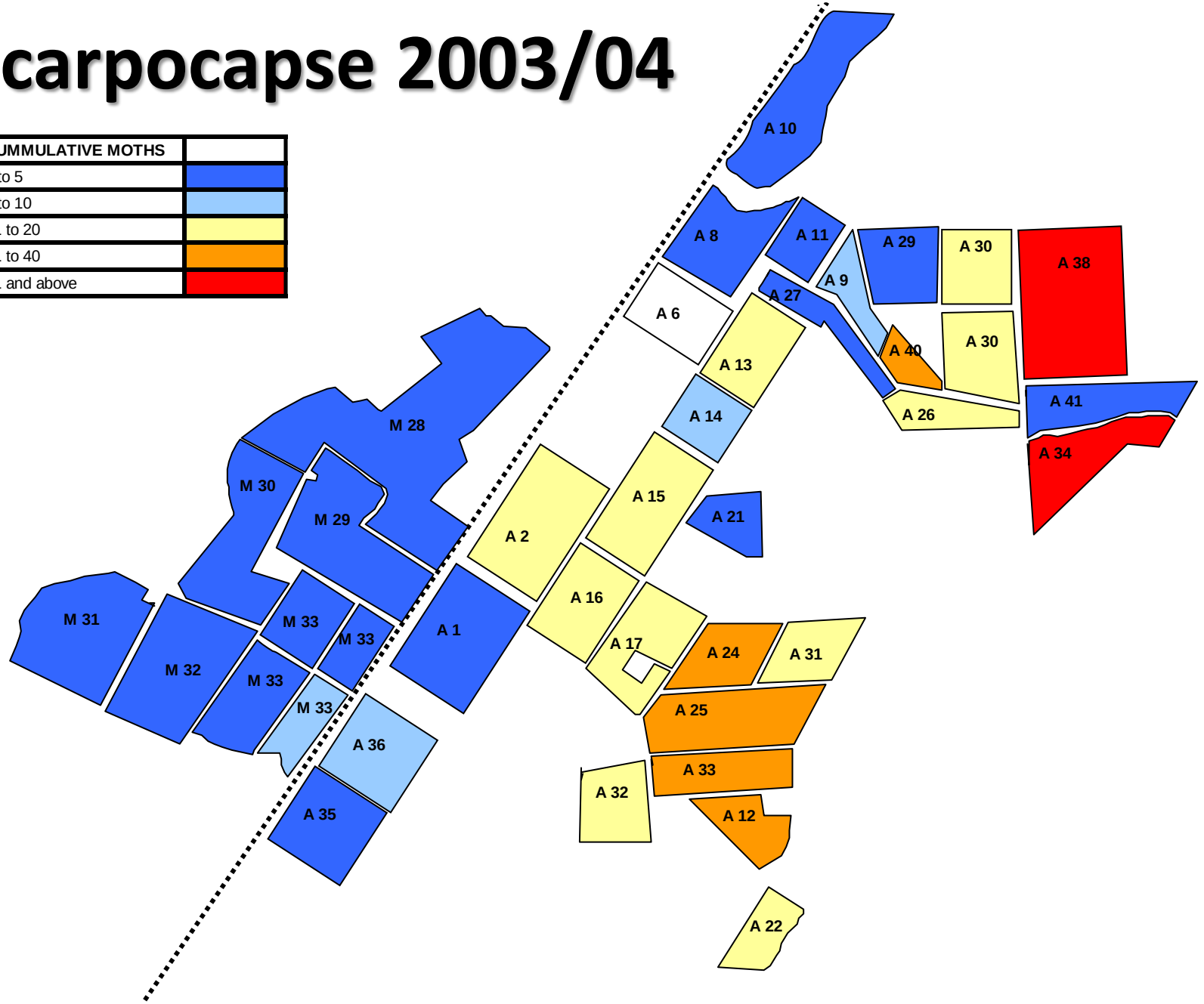


Les objectifs doivent être réalistes



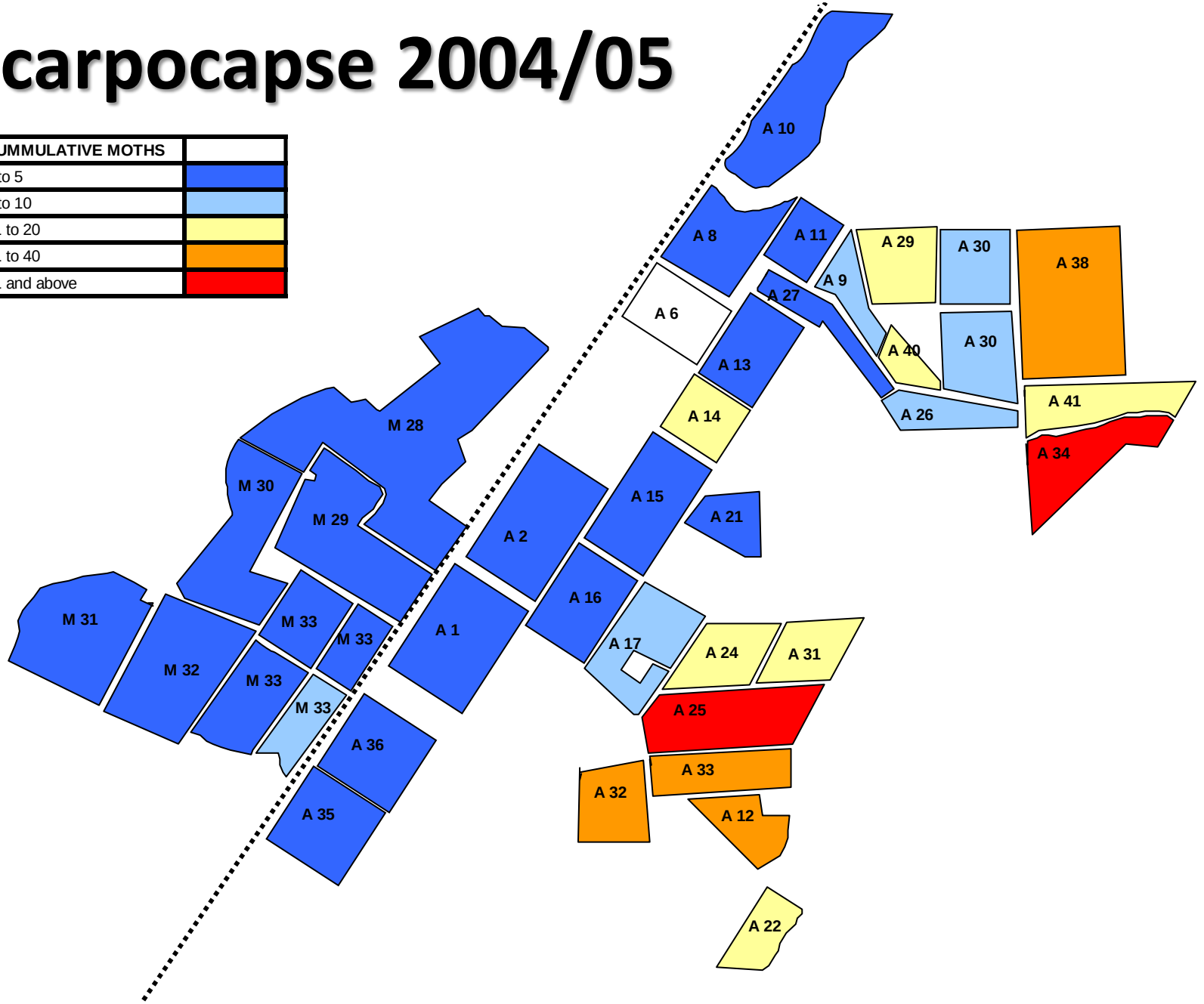
Capture des carpocapse 2003/04

RATING	CUMMULATIVE MOTHS	
VERY LOW	0 to 5	
LOW	6 to 10	
MODERATE	11 to 20	
HIGH	21 to 40	
VERY HIGH	41 and above	



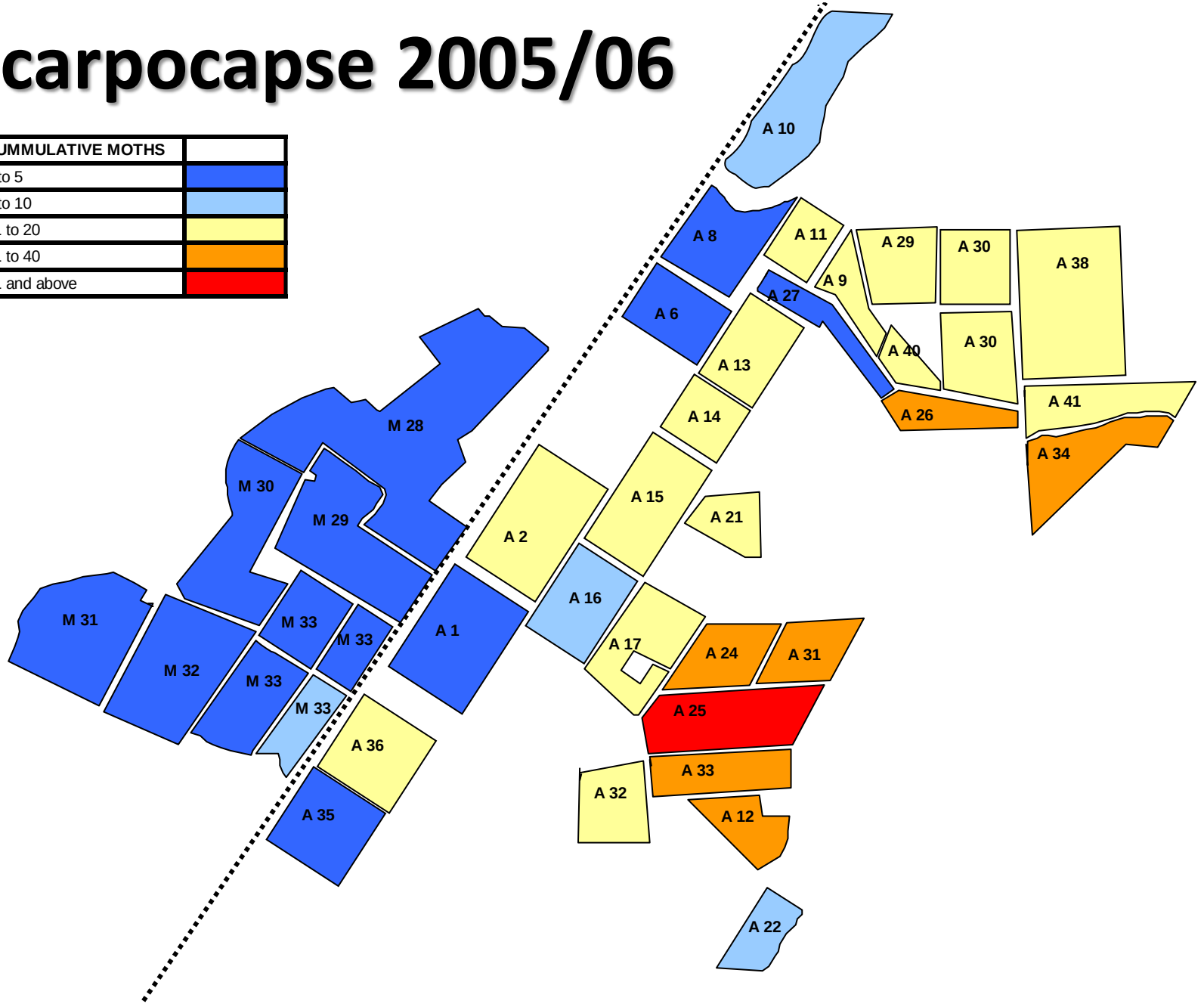
Capture des carpocapse 2004/05

RATING	CUMMULATIVE MOTHS	
VERY LOW	0 to 5	
LOW	6 to 10	
MODERATE	11 to 20	
HIGH	21 to 40	
VERY HIGH	41 and above	



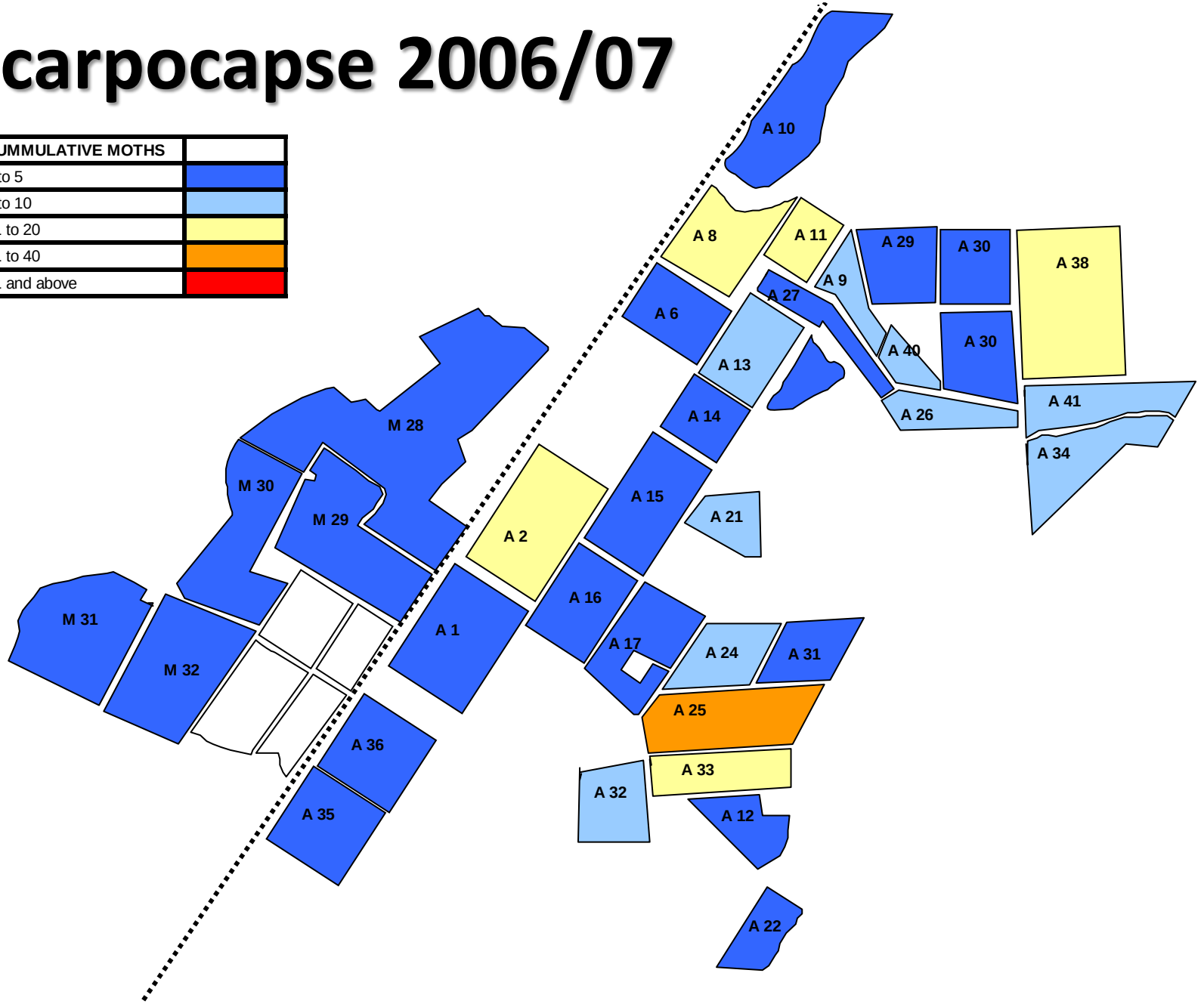
Capture des carpocapse 2005/06

RATING	CUMMULATIVE MOTHS	
VERY LOW	0 to 5	
LOW	6 to 10	
MODERATE	11 to 20	
HIGH	21 to 40	
VERY HIGH	41 and above	



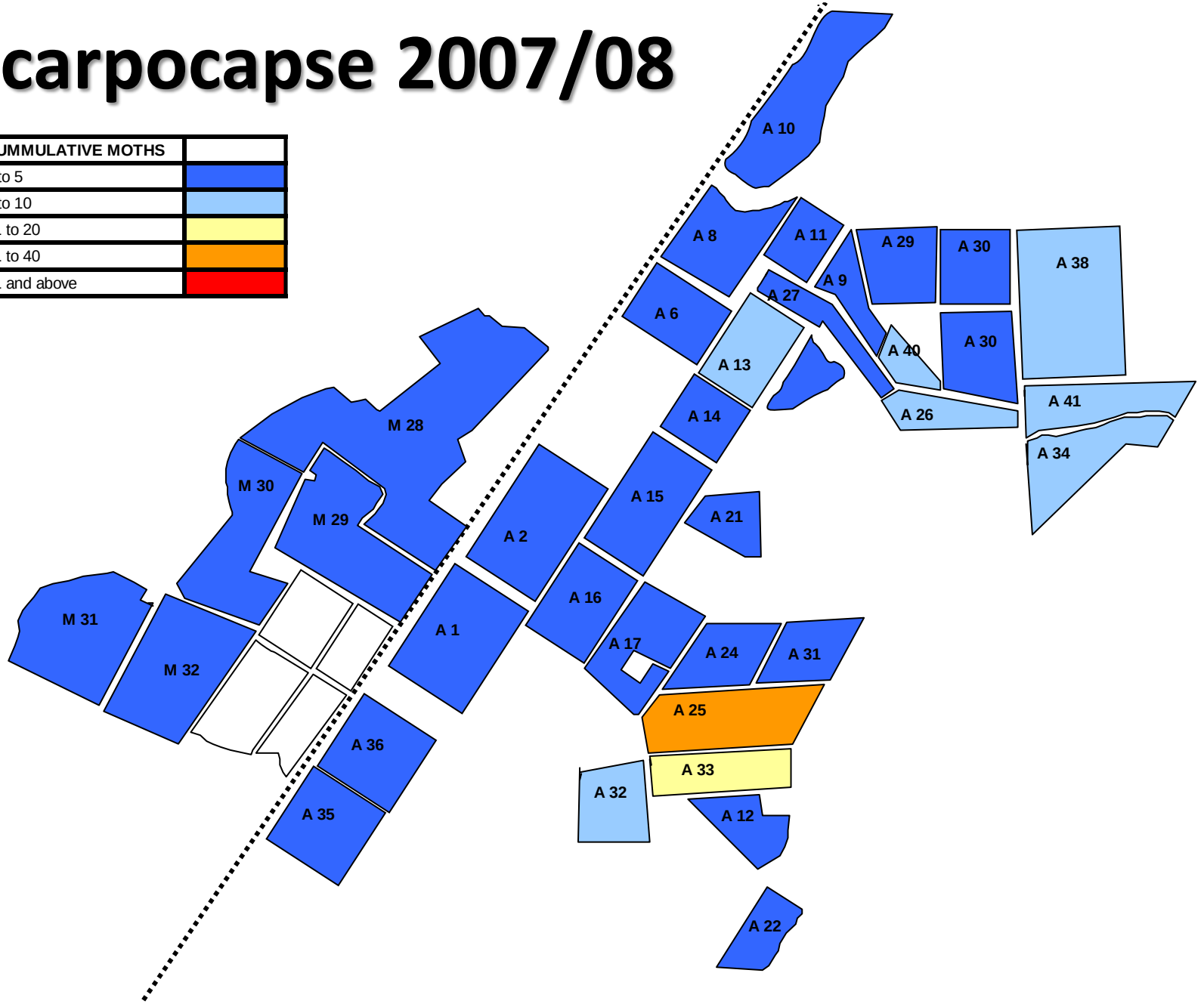
Capture des carpocapse 2006/07

RATING	CUMMULATIVE MOTHS	
VERY LOW	0 to 5	
LOW	6 to 10	
MODERATE	11 to 20	
HIGH	21 to 40	
VERY HIGH	41 and above	

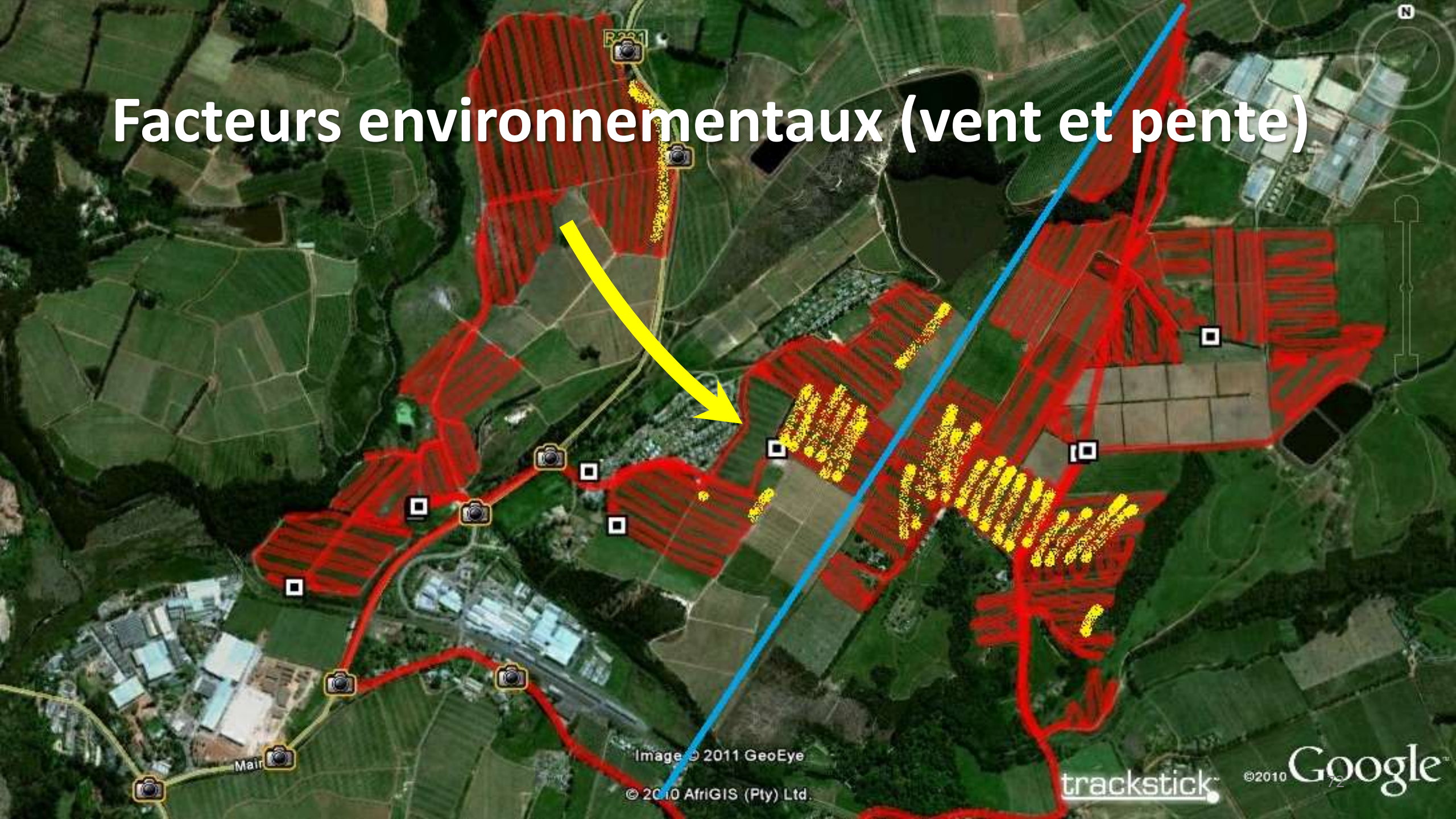


Capture des carpocapse 2007/08

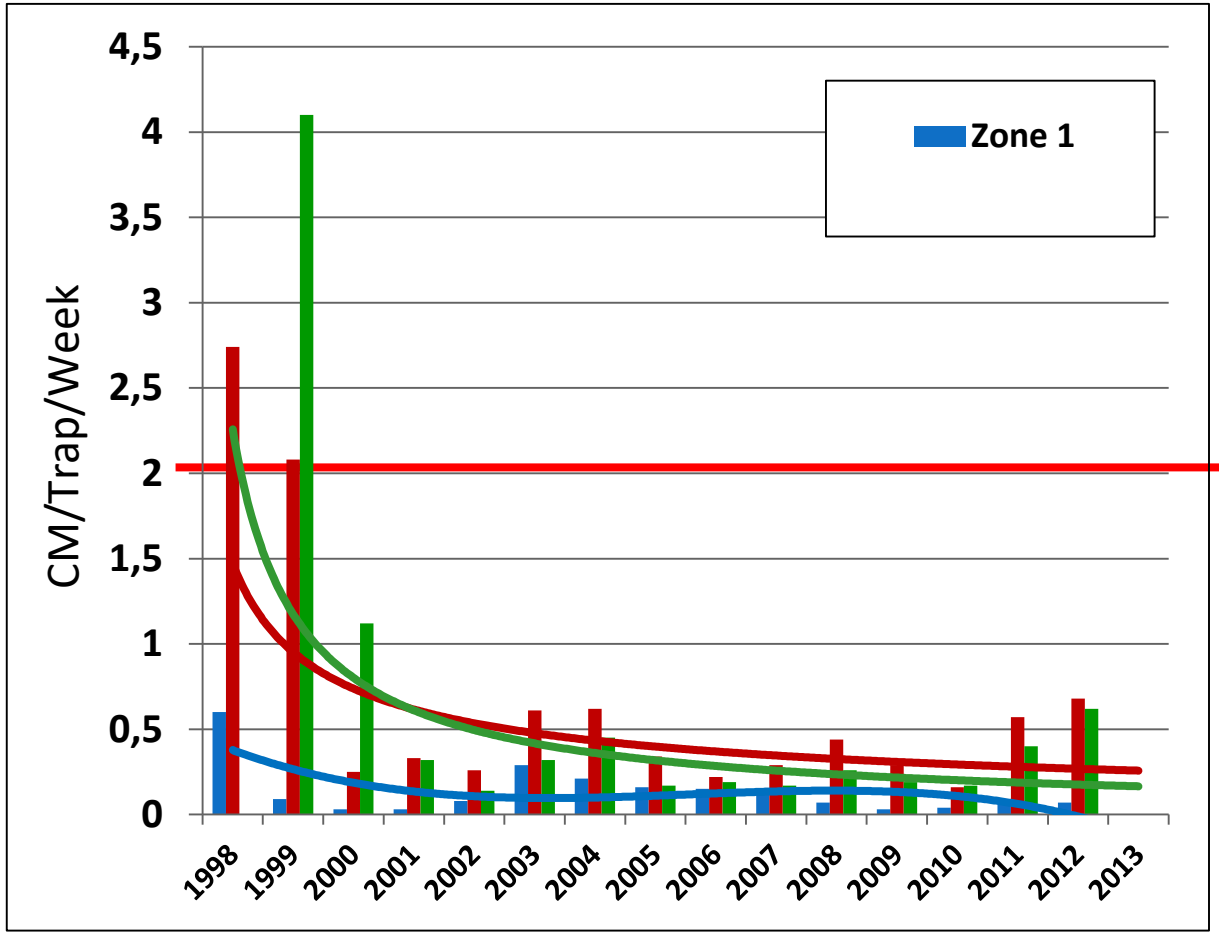
RATING	CUMMULATIVE MOTHS	
VERY LOW	0 to 5	
LOW	6 to 10	
MODERATE	11 to 20	
HIGH	21 to 40	
VERY HIGH	41 and above	



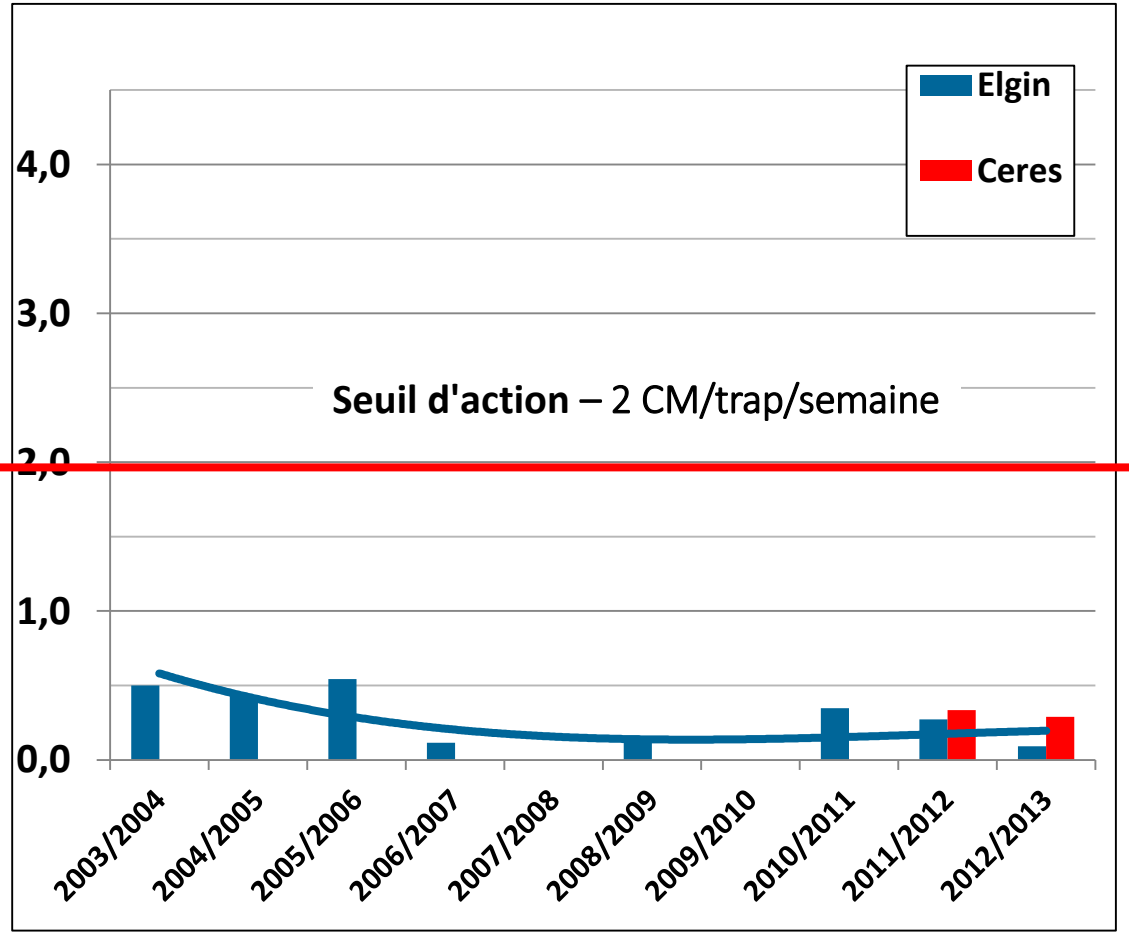
Facteurs environnementaux (vent et pente)



Moyenne des captures de carpocapses (OKSIR vs Entomon)

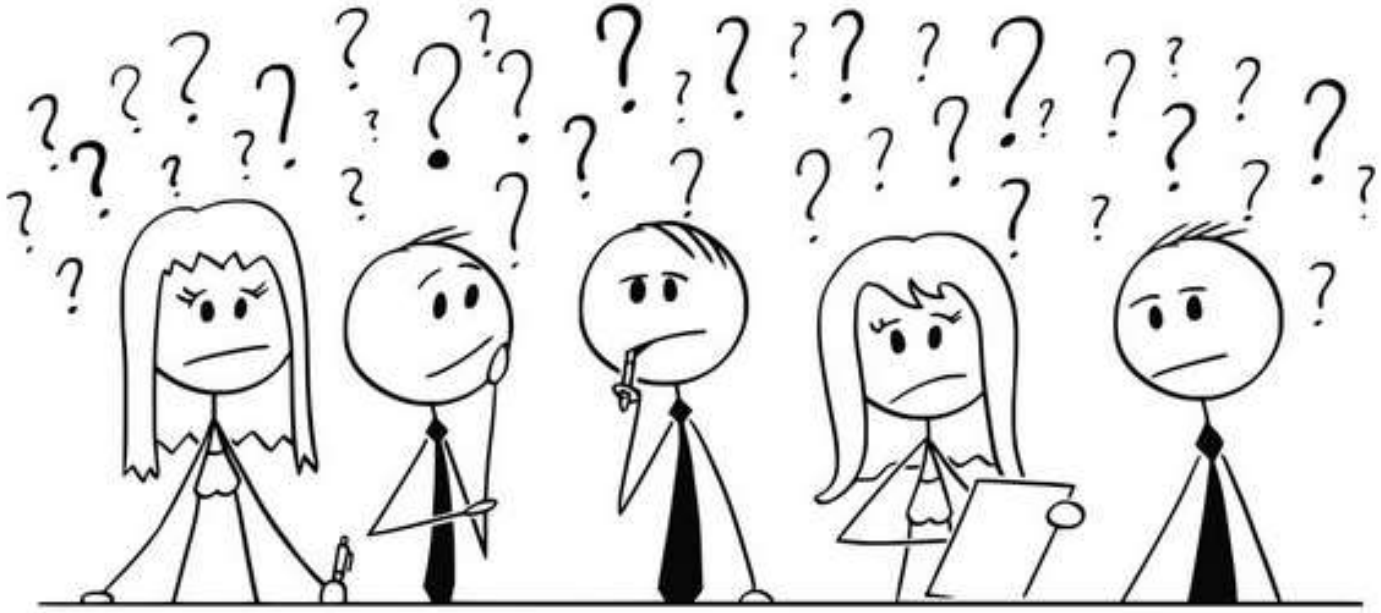


Source: Adapté de, rapport de saison OKSIR 2012 (www.oksir.org)



Source: Producteurs, données de l'Université de Stellenbosch et Entomon

Des questions sur Entomon



Xsit (Pty) Ltd – *faux carpocapse*

- Recherche 2002: de la recherche à l'essai pilote
  - Preuve de concept
  - Développement d'un modèle de production low-cost
- 2005: Commercialisation Pilote
  - Partenariat avec DST (Département Sud-africain de Sciences et Technologies) et TIA (Agence d'innovation technologique) – capital initial
  - Suppression des populations à grande échelle, 95% de réduction des dégâts!
- Depuis 2006 : Scale-up
  - Même méthodes de production
    - Essais à petite échelle en parallèle
    - Ne pas compromettre la production principale
  - R&D et Innovation en continu
  - Problèmes de capacité de production, contamination
  - Problèmes de main d'œuvre (besoins et compétences)
- Investissement par River Bioscience
  - Diminution des parts de DST & TIA
  - Capacité à fournir un service IPM (gestion intégrée) plus complet

Capacité de production : 35 million carpocapses/semaine

Défis majeurs

Ravageurs phytosanitaires:
approche législative

Résistance des producteurs

Communication

Augmentation de la production
Contraintes structurelles (temporaires)

Opportunité grâce au déploiement parrallèle de carpovirusine à grande échelle

Fruitfly Africa (Pty) Ltd – *mouche méd*

- Début du programme en 1996:
  - Planning & conception
  - Développement du business plan
- 1997-2001: 4-années d'études de faisabilité à Hexriver Valley (SIT Africa)
  - partenariat FAO/IAEA, ARC Infruitec (DAFF) & University of Stellenbosch
  - Approche territoriale (10 000ha) – ambitirux
  - Avion dédié – coûteux!
- 2002-2011: 10 années de suppression
  - Infestation toujours présente
  - Capacité de production atteinte
- Depuis 2012 : Restructuration & nouvelle marque : Fruitfly Africa (Pty) Ltd
  - Changement de paradigm
    - Relargage aérien à grande échelle d'appat GF120
    - Traitement des foyers d'infestation seulement –réduction drastique de la population.
  - R&D et Innovation en continu
    - Lâchers aeriens
    - Services de surveillance

Capacité: 14 million de mouches/ semaine (max 16m)

Défis majeurs

Ravageurs phytosanitaires:
approche législative

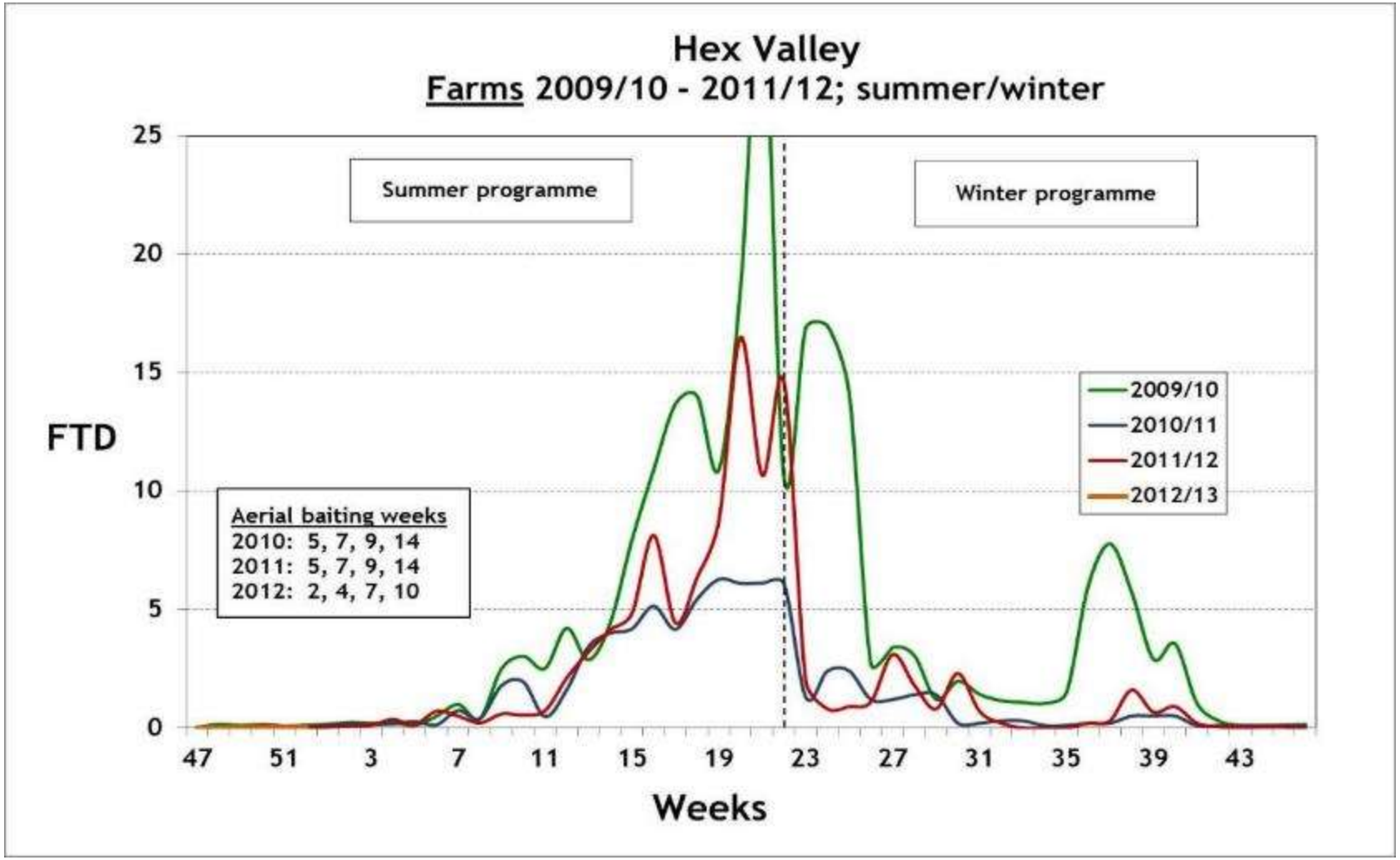
Capacité de production insuffisante, zone de déploiement trop grande
Résultats insuffisants, quantités laches trop basses

Opportunité grace à l'utilisation d'appat GF120 à grande échelle

Transport et lâchers

Relargage d’appâts pour mouches des fruits

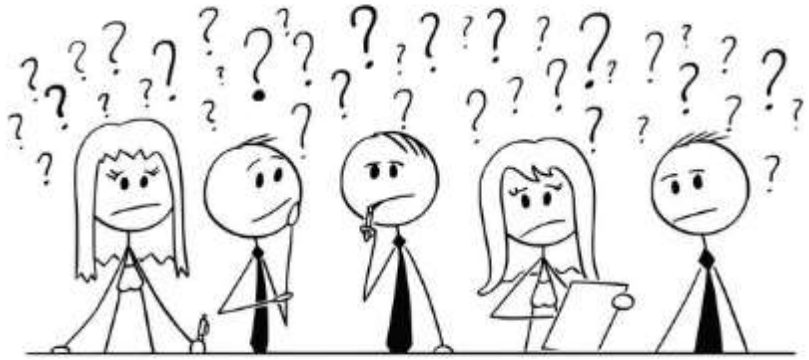
Reduction des captures de mouches sauvages sur trois saisons



Contenu

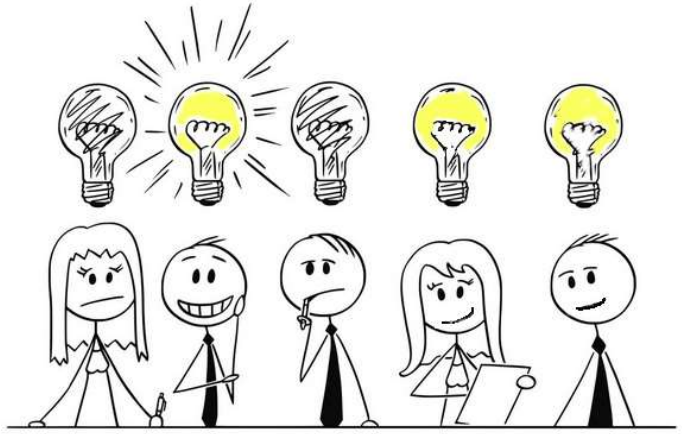
- Étude de cas
  - Entomon Technologies (Pty) Ltd - carpocapse
  - Xsit (Pty) Ltd – faux carpocapse
  - Fruitfly Africa (Pty) Ltd – mouche méd

Des questions ?

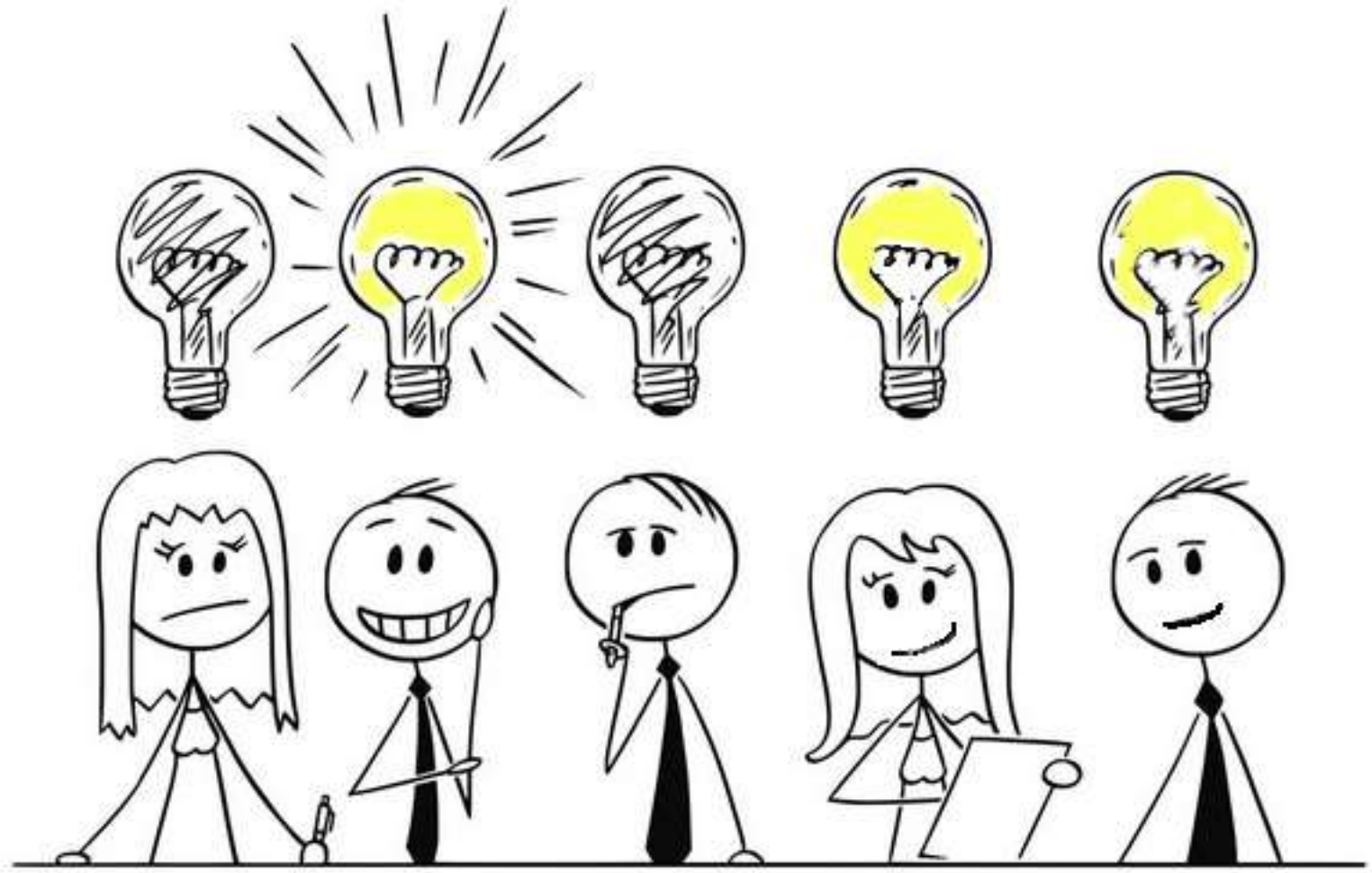


Contenu

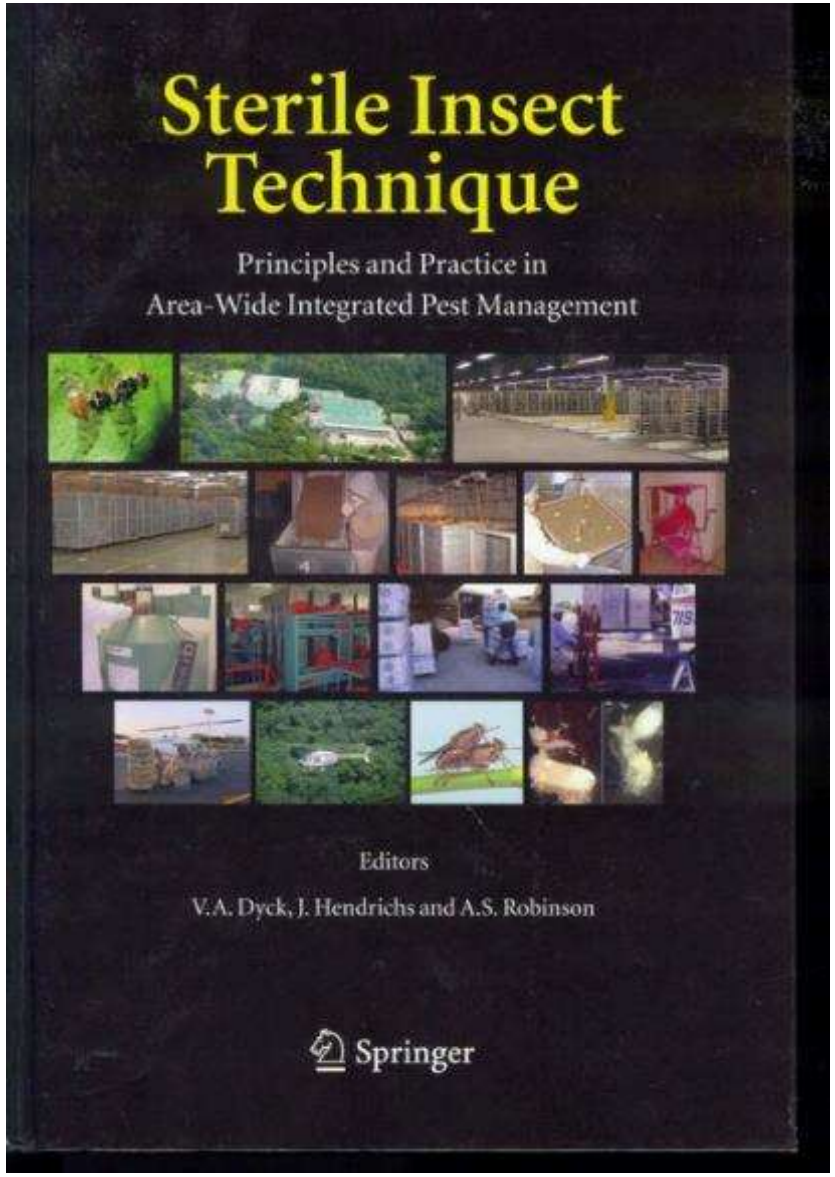
- Introduction
- Principe de fonctionnement de la TIS
- Compatibilités (insectes, contextes)
- Etapes du développement de la TIS (étude de faisabilité)
- De la recherche à l'opérationnel
- Principes opérationnels d'une ferme d'élevage TIS
- Déploiement à petite et grande échelle
- Conditions de succès (questions techniques et économiques)
- Étude de cas

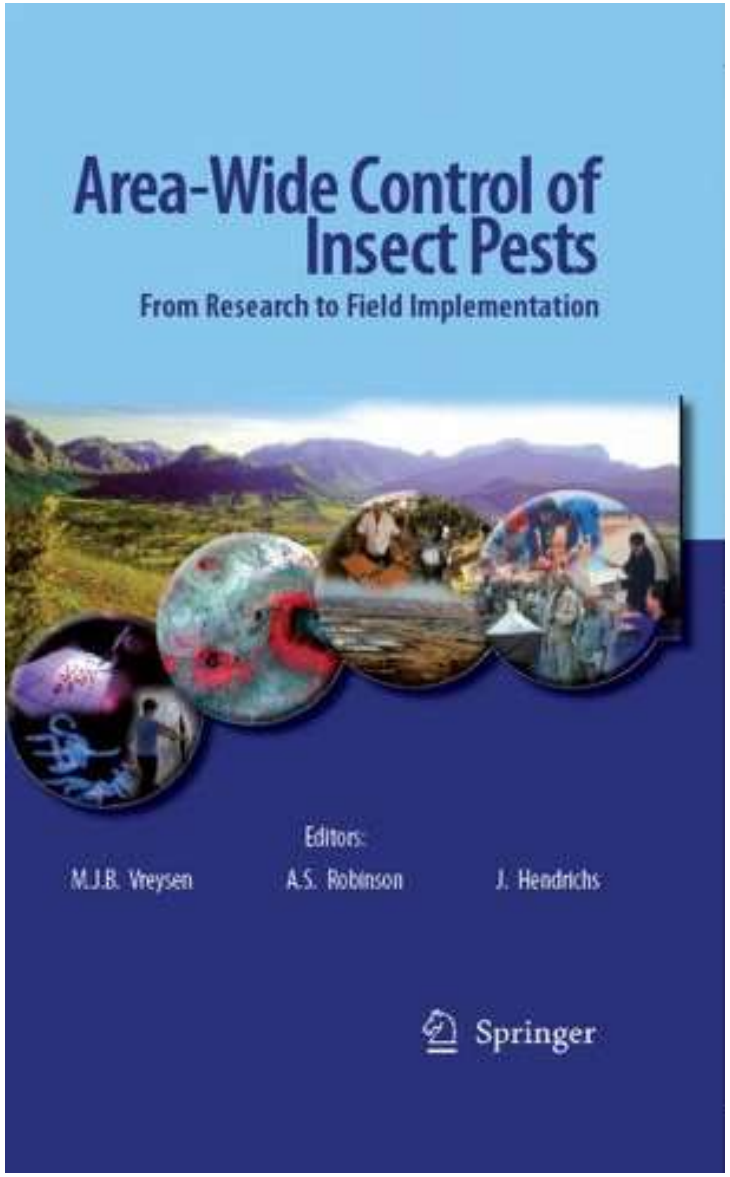


Echanges



Remerciements


Sterile Insect Technique
Principles and Practice in Area-Wide Integrated Pest Management
Editors
V.A. Dyck, J. Hendrichs and A.S. Robinson
Springer


Area-Wide Control of Insect Pests
From Research to Field Implementation
Editors:
M.J.B. Vreysen
A.S. Robinson
J. Hendrichs
Springer