Programme Coton

La contribution des modèles à une gestion durable des résistances

M. VAISSAYRE
Cirad – Programme Coton

Atelier GeRICo, décembre 2004

Qu'est-ce que la modélisation ?

- Une représentation simplifiée d'un système biologique complexe
- Les composantes qui forment le modèle sont liées entre elles et évoluent simultanément
- Le modèle le plus simple sera toujours le meilleur, mais dans des limites qu'il importe de prédéfinir

Avantages de la modélisation

- Aide à l'expérimentation
  - Gère de nombreux facteurs
  - Considère des alternatives
  - Ne perturbe pas l'écosystème
- Outil de formation
- Ecarte des *a priori* insoupçonnés
- Ouvre vers de nouvelles hypothèses

Quelques exemples de modèles développés en Entomologie

- Développement d'une espèce en conditions contrôlées (Wagner *et al.* 1984 [*revue biblio*])
- Dynamique des populations en conditions naturelles (Stark *et al.* 1987, Fitt *et al.* 1995, Luttrell *et al.* 1998)
- Modèles « insectes » associés à des modèles de développement de la plante (Gutierrez *et al.* 1991, SimBaD)

L'utilisation de Modèles pour la gestion de la résistance

- Connaître la biologie de la cible dans l'écosystème : dynamique des pops, plantes-refuges, brassage génétique
- Avoir identifié et caractérisé les mécanismes de résistance : nombre, génétique, coût biologique…

Exemple de Modèles pour la gestion de la résistance

- Résistance aux insecticides et facteur principal étudié:
  - Commins (1977)_ migration
  - Madden et al. (1995)_ plantes refuges
- Mise en place des PGM exprimant une ou plusieurs toxines de Bt :
  - Onstad & Gould (1998), Peck et al. (1999), Groeters & Tabashnik (2000)
  - Matten (2002)

Apports des modèles pour la gestion des résistances en Afrique de l'Ouest

- Une stratégie en place pour gérer la résistance de H. armigera aux pyréthrinoïdes (PRAO)
- La prochaine mise en culture de CGM exprimant des toxines de Bt

La résistance d'H armigera aux pyréthrinoïdes

- La présence de gènes de résistance, à l'origine la détoxification de la matière active, est avérée.
- Même si de nombreux points restent à élucider (coût de la résistance, rôle des plantes refuge), une stratégie a été mise en place :
  - Moindre pression de sélection lors de la campagne par une restriction à l'usage des pyréthrinoïdes en début de saison cotonnière

La contribution d'un modèle

L'application du modèle de Madden *et al.* (1995) suggère une forte contribution de deux points clé:

- la proportion d'insectes résistants quittant les cotonniers en fin de campagne
- La sélection sur les cultures de saison sèche (maraîchage)

La contribution d'un modèle

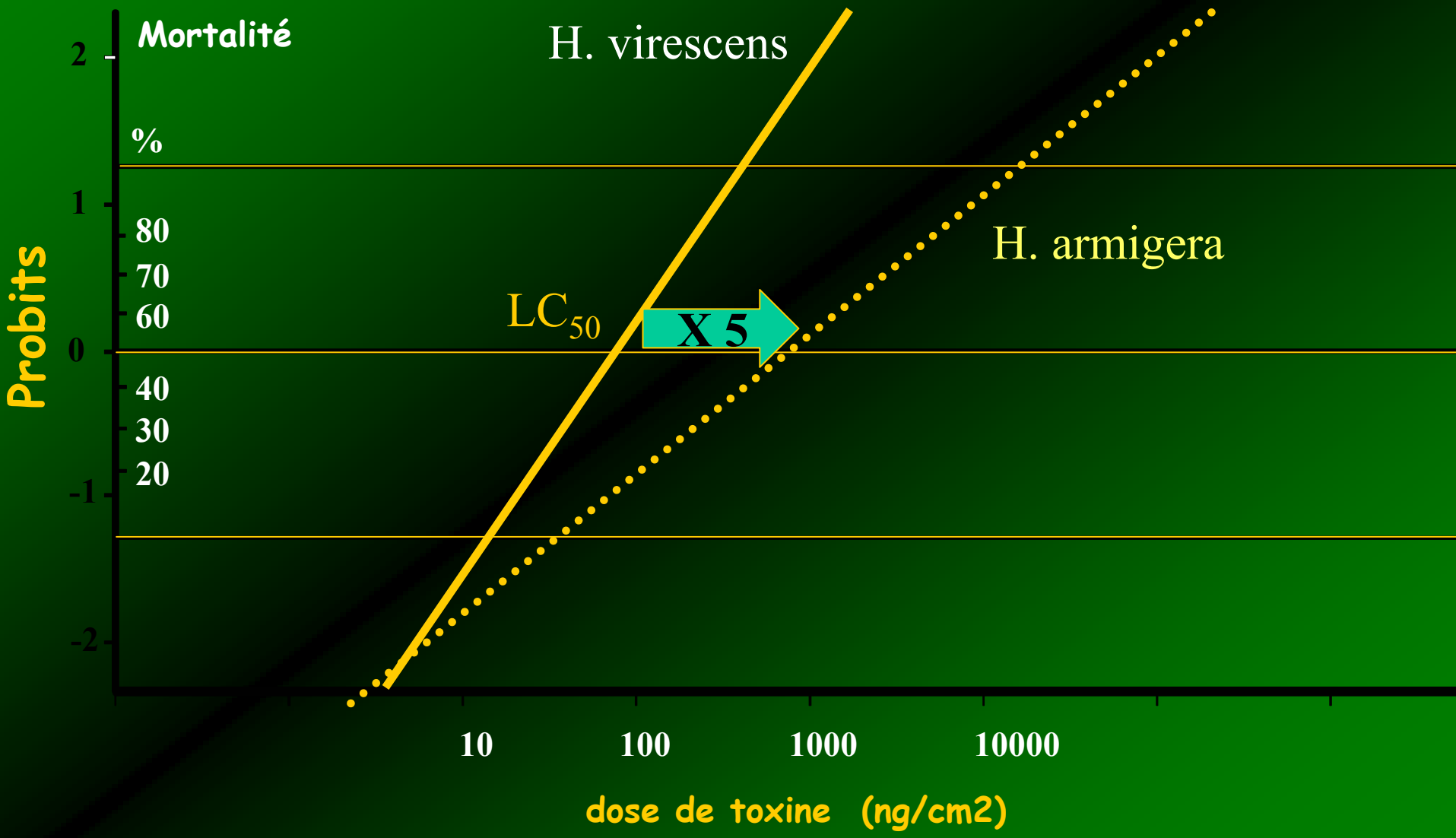
Sur le plan opérationnel, cela revient à proposer :

- D' exclure l'usage des pyréthrinoïdes contre la dernière génération d' *H. armigera*
- De ne pas utiliser les pyréthrinoïdes en cultures maraîchères

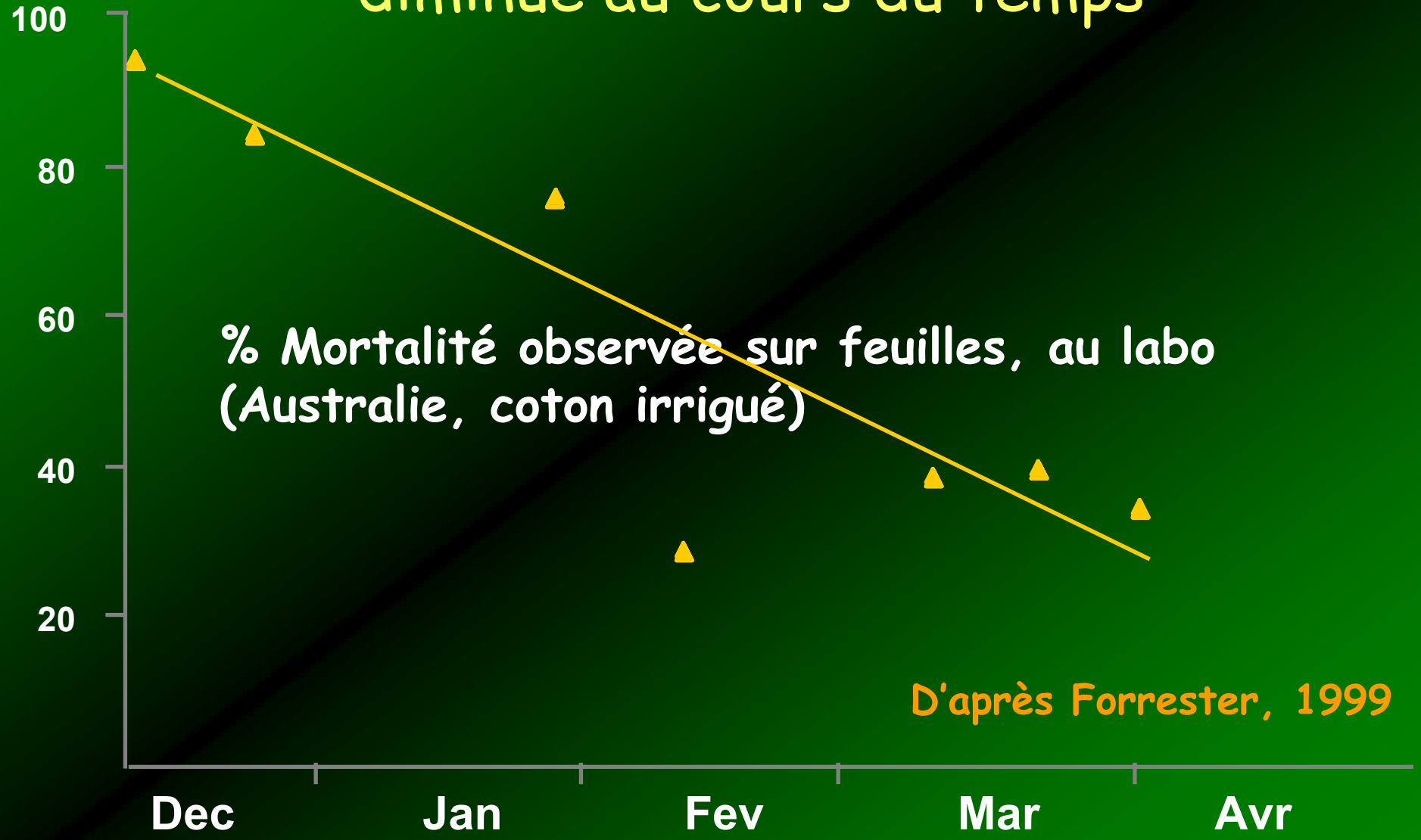
Le Coton Bt en Afrique de l'Ouest

- L'évolution vers la résistance est une hypothèse vraisemblable, et la stratégie utilisée ailleurs (HD+R) ne s'applique pas :
  - Moindre susceptibilité de *H. armigera* envers les toxines exprimées
  - Expression des toxines soumise à contraintes (stress hydriques, âge du cotonnier)
  - Fréquence des gènes de résistance non encore déterminée dans les populations
  - Surfaces cotonnières dispersées/présence de plantes refuges

Sensibilité des noctuelles à Cry1Ac

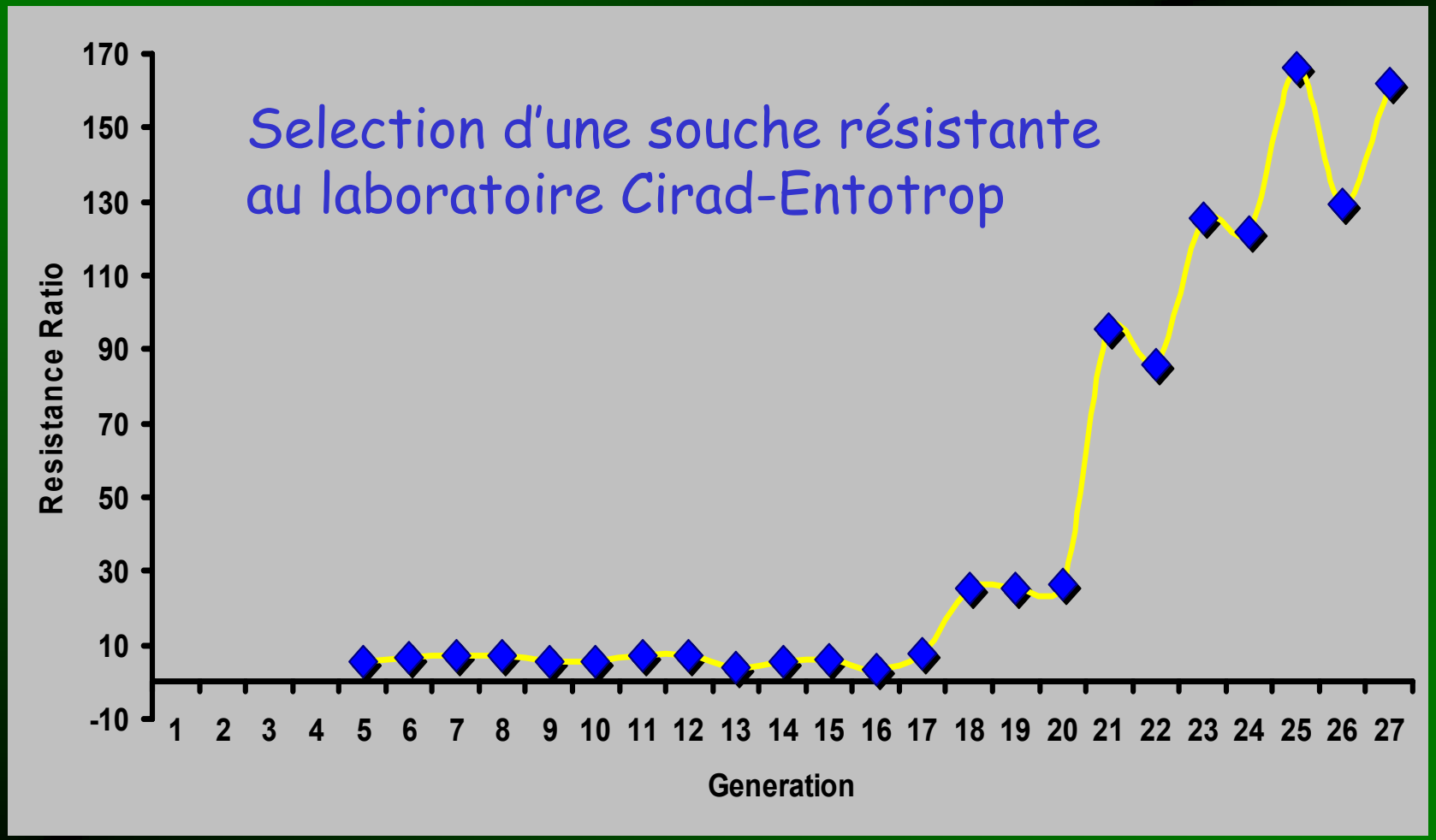


L'expression de la toxine diminue au cours du temps

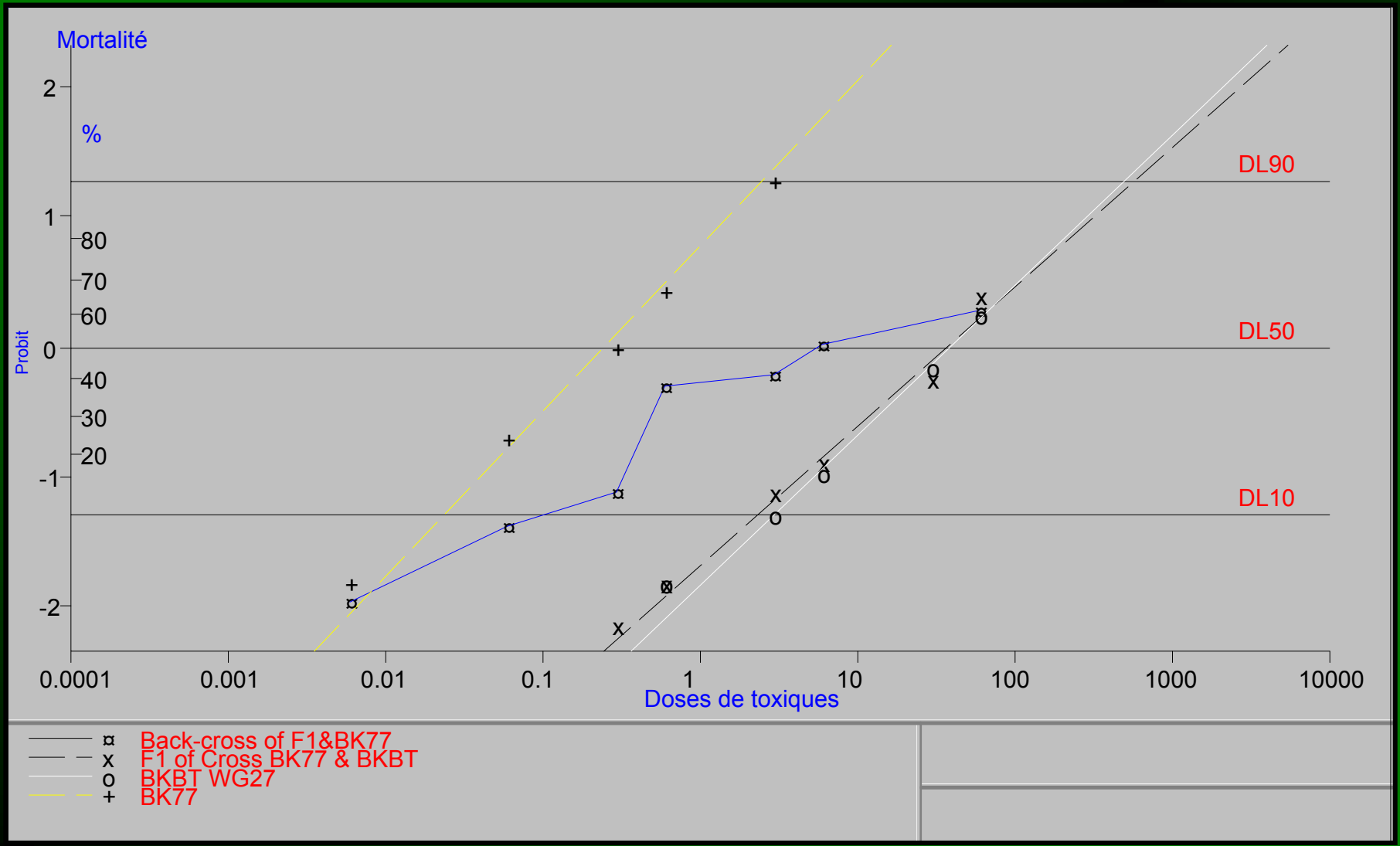


D'après Forrester, 1999

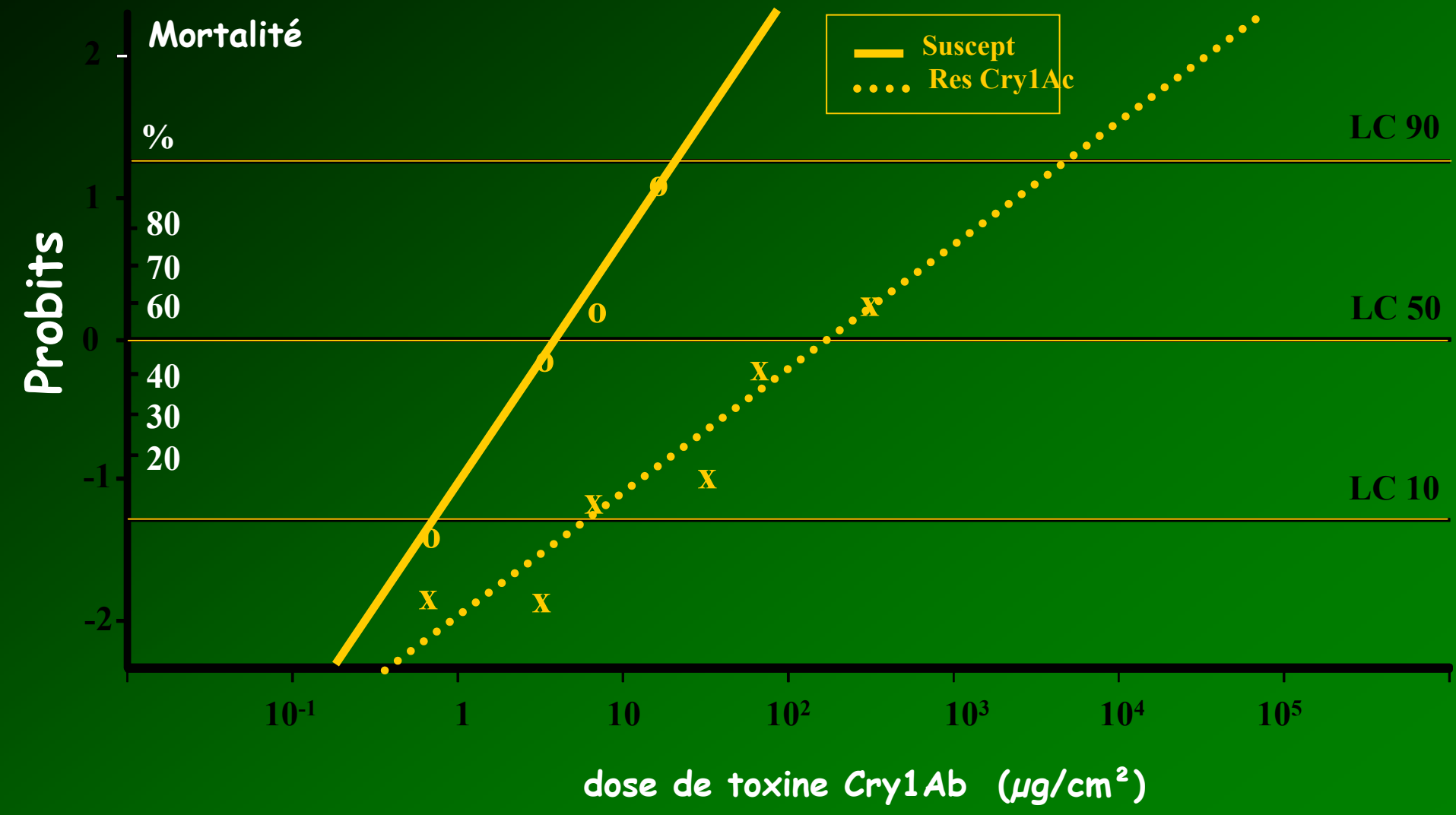
Les mutations conduisant à une résistance ne sont pas rares



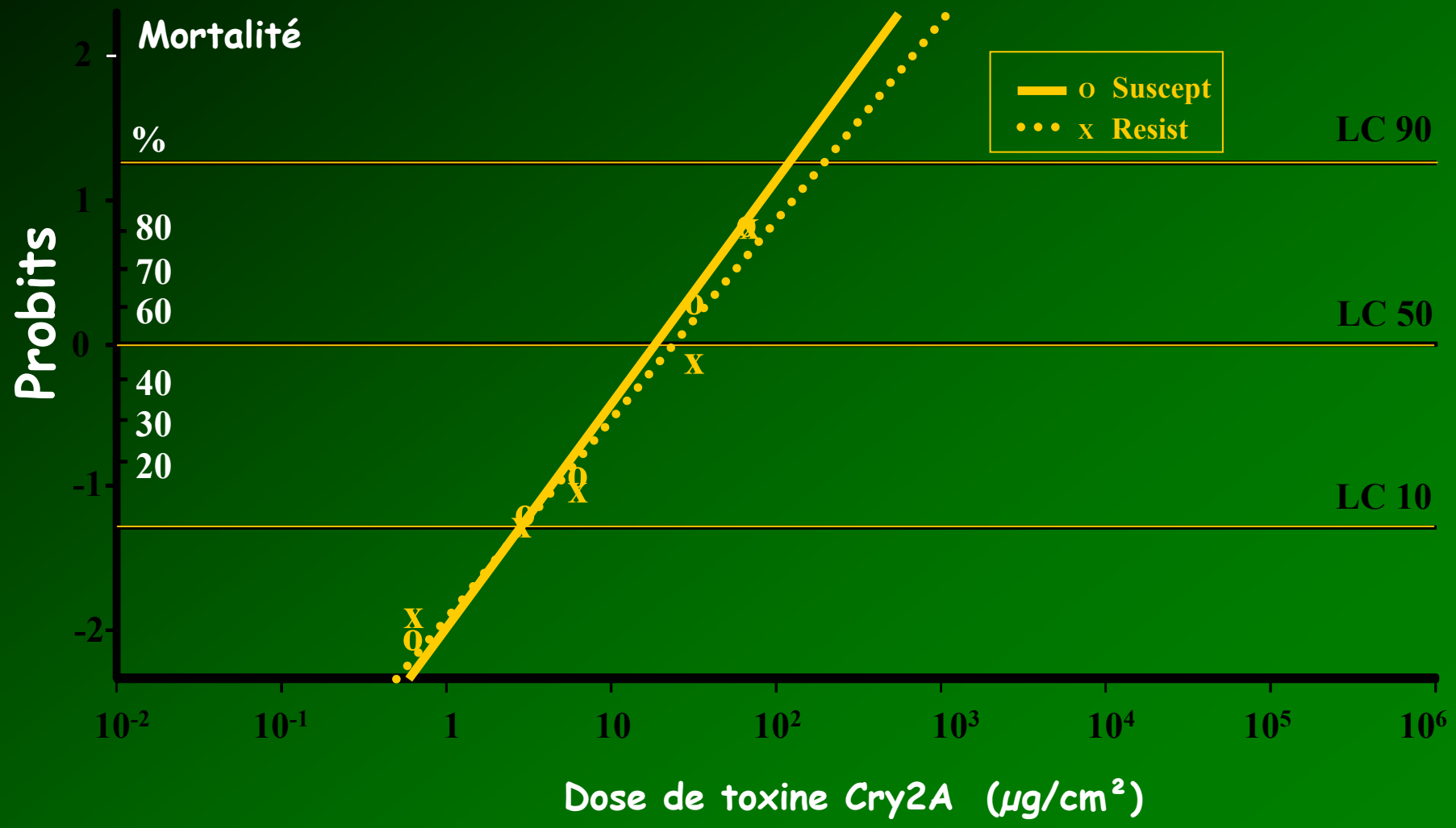
La résistance apparue au laboratoire est dominante !



Il existe une résistance croisée entre toxines Cry1A



Pas de résistance croisée avec Cry2A



La contribution d'un modèle

L'application d'un modèle (Nibouche *et al.* 2003) montre que, avec les hypothèses formulées, le risque d'évolution vers la résistance en Afrique de l'Ouest n'est pas négligeable

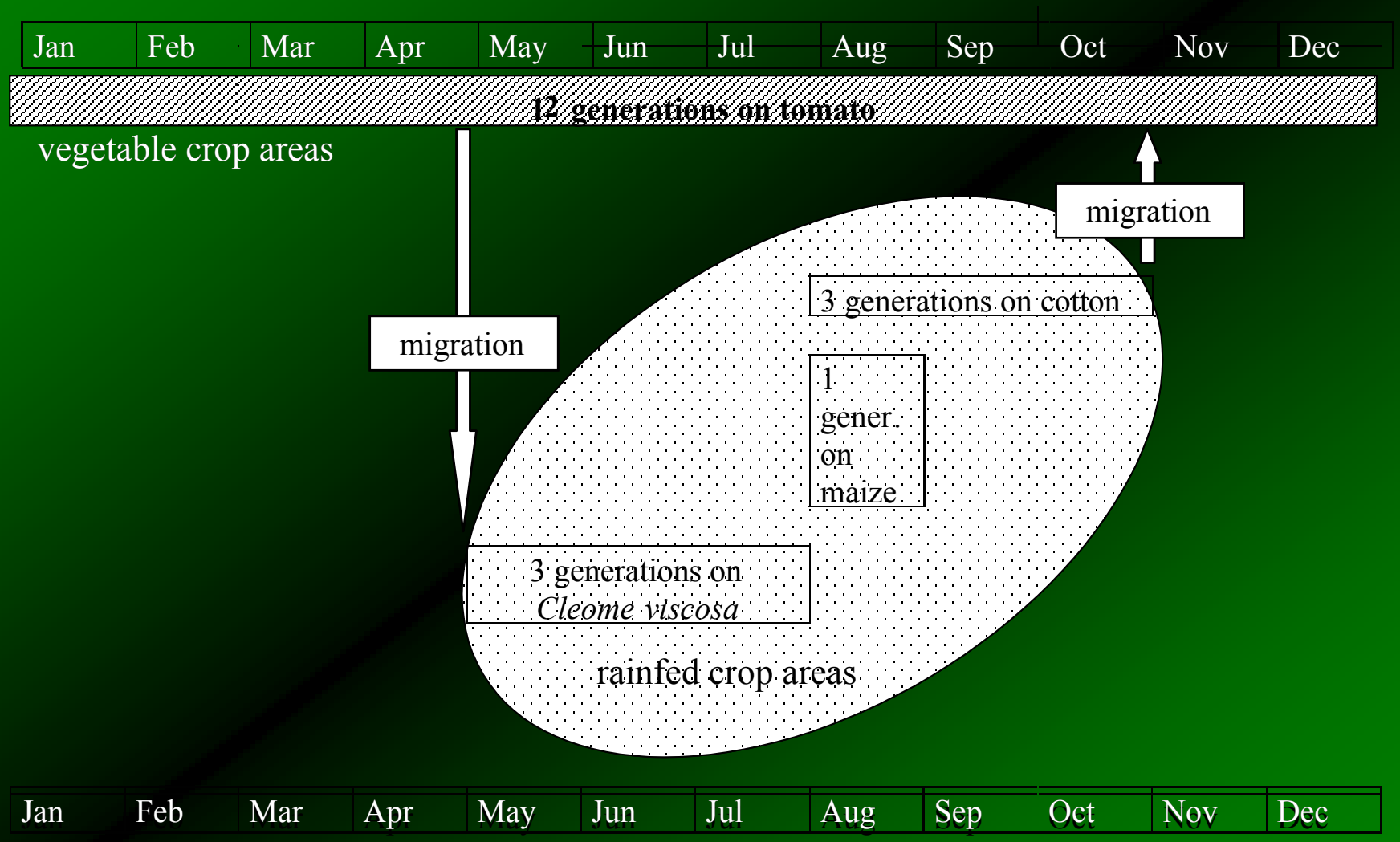
On peut en tirer

<u>des propositions opérationnelles</u>,

mais aussi

<u>des questions de recherche</u>

La contribution d'un modèle



Cycle annuel présumé d'*Helicoverpa armigera* en Afrique de l'Ouest (Nibouche, 1994)

La contribution d'un modèle

Les hypothèses de départ :

- efficacité opérationnelle de la construction
- génétique de la résistance (fréquence initiale et dominance du gène R), et son coût biologique
- présence de plantes refuges pendant la campagne cotonnière (seul le Maïs semble pouvoir jouer ce rôle, et ce pour un temps limité)
- taux de migration entre cotonnier et les cultures maraîchères voisines et l'existence de migrations sur de longues distances

La contribution d'un modèle

Avec un transfert exclusif entre coton et tomate et un gène de résistance dominant, les surfaces en coton non-Bt devraient, pour que l'innovation soit durable, rester largement majoritaires.

Sur le plan opérationnel, cela revient à proposer :

- N'introduire d'emblée que des Coton Bt exprimant deux toxines (Cry1Ac et Cry 2A)
- De limiter, au moins au départ, les surfaces cultivées en Coton Bt

Des questions plus générales

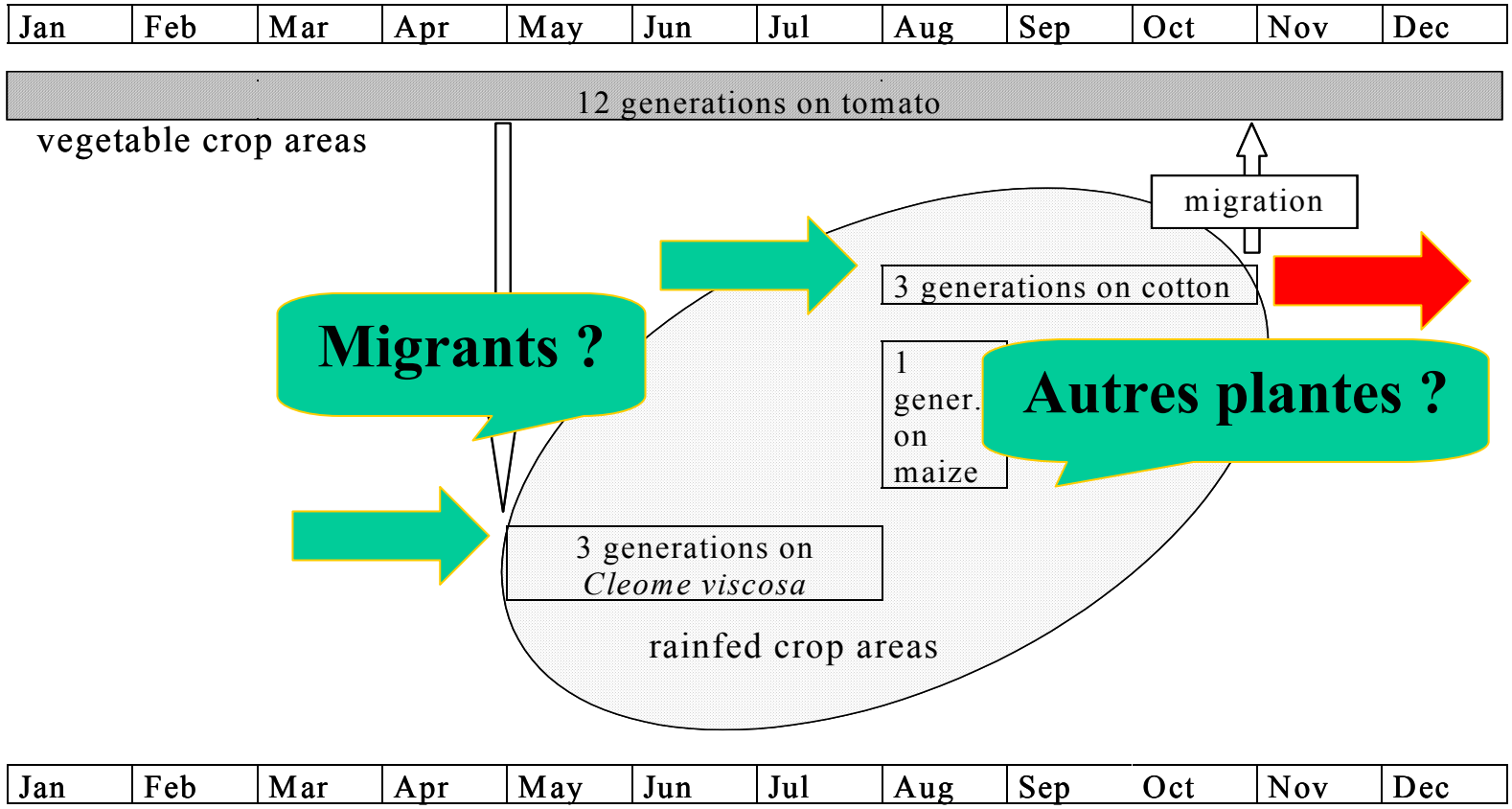
Quelle est aujourd'hui la fréquence des individus résistants à une innovation dans la population d'*H. armigera* ?

Quel est le degré de brassage génétique entre générations successives

cela revient à proposer :

- Un criblage systématique des niveaux de résistance aux xénobiotiques
- Une étude de dynamique des populations (depuis les mouvements locaux jusqu'aux migrations à longue distance) et des plantes refuges potentielles (hors pression de sélection).

Des questions de recherche…



Questions de recherche sur la biologie d'*Helicoverpa armigera*

CONCLUSION

- La résistance des insectes aux toxiques est l'un des points essentiels pour garantir la durabilité d'une innovation phytosanitaire
- La spécificité des écosystèmes ouest africains nécessite des règles de gestion appropriées
- La modélisation peut apporter une contribution significative aux stratégies de gestion des résistances

Merci pour votre attention !