

SISPRAGAS : UNE APPROCHE DE SYSTEME D'INFORMATION POUR LE CONTROLE DES INSECTES PHYTOPHAGES.

(Patrick SECHET, José F. da S. MARTINS, Luiz C. BELARMINO & Alci E. LOECK)

RESUME - SISPRAGAS, le système d'informations phytosanitaires de l'Entreprise brésilienne de recherche agronomique (EMBRAPA), constitue un sous-système de SISGEO, Système d'informations géographiques sur l'environnement rural. Il s'agit d'un travail réalisé conjointement par les entomologistes du Centre de recherche agronomique des basses terres de climat tempéré de l'EMBRAPA (CPATB) et de l'Université fédérale de Pelotas (UFPel), état du Rio Grande du Sud, avec les informaticiens du Département d'informatique (DIN) du siège de l'EMBRAPA à Brasília, et auquel l'ORSTOM apporte son concours.

L'objectif qui a été défini initialement est la caractérisation et le contrôle des insectes prédateurs dans les basses terres de climat tempéré. Il s'agit essentiellement d'un logiciel mis au point pour saisir, stocker et divulguer des données afférentes aux nuisances provoquées par les insectes dans le système productif et les méthodes possibles pour leur contrôle.

Compte tenu du peu d'information dont on dispose sur les aspects les plus importants pour l'établissement de systèmes rationnels de contrôle d'insectes, le développement de la première version du système a été limité aux données qui se réfèrent à la région des basses terres de climat tempéré, où l'activité agricole possède une grande importance socio-économique, ce qui rend d'autant plus significatif l'impact des insectes phytophages.

La version initiale du module local, actuellement en cours de développement, prétend atteindre les objectifs suivants :

- cataloguer les insectes d'importance économique et les caractériser à partir des aspects généraux de leur morphologie ;
- gérer les informations disponibles sur le comportement des insectes, y compris l'influence des facteurs biotiques et abiotiques ;
- administrer les données de variétés culturales qui interviennent dans la relation plante-insecte ;
- gérer les données de symptomatologie de l'attaque des insectes, ainsi que les aspects qui se réfèrent à la tolérance des insectes aux produits chimiques les plus utilisés ;
- stocker les informations sur le contrôle des insectes et automatiser l'indication de méthodes préférentielles de contrôle des insectes prédateurs.

On se propose d'exposer la méthode qui a été adoptée pour la conception de ce système, les raisons qui ont motivé le choix de la structure d'information à laquelle on a abouti, les problèmes rencontrés ainsi que les perspectives à court terme pour le développement du logiciel correspondant.

INTRODUCTION

La connaissance des facteurs de l'environnement qui présentent une influence sur l'agriculture est importante pour le développement de celle-ci. Dans cette optique, l'Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, (EMBRAPA), réalise un projet appelé SISGEO, Sistema de Informações Geoambientais, destiné à rendre accessibles sur ordinateur les données de l'environnement rural, comme soutien direct à ses programmes de recherche.

La méthodologie utilisée pour la mise au point d'un tel système est décrite par ailleurs dans le même séminaire (Séchet et al., 1989).

Les problèmes phytosanitaires qui interviennent dans les systèmes productifs agricoles doivent être pris en compte, parmi les divers paramètres considérés par SISGEO dans ses différents modules. Face à la difficulté de structurer un module capable de tenir compte simultanément de tous les aspects inhérents à ces problèmes, on a conçu le système SISPRAGAS, dont les objectifs initiaux concernent l'identification et le contrôle des insectes qui constituent des nuisances pour les principales cultures d'importance économique.

Ce système, en cours de mise au point, suit la stratégie générale mise au point pour les modules de SISGEO. Il se trouve actuellement en phase de spécification, au cours de laquelle un projet physique est élaboré. Cette communication expose les divers bénéfices que l'on espère apporter avec la mise en opération de cette base de données, lesquels bénéfices ayant eux-mêmes conduit à mieux préciser les objectifs du système. Parmi ces derniers, certains se situent bien dans les orientations générales de SISGEO, tandis que d'autres, de caractère plus spécifique, font de SISPRAGAS un projet-clé pour la programmation de recherche dans le domaine de l'entomologie. On décrit également la structure qui a été définie pour le module, et qui constitue le résultat de l'étape de conception, consigné dans le projet logique ou dossier de conception détaillé (EMBRAPA 1988).

1. HISTORIQUE

L'idée de développer un système pour l'identification, la distribution et l'inventaire des insectes prédateurs a surgi initialement en 1986, dans le cadre du programme SISGEO de coopération entre l'EMBRAPA et l'ORSTOM, coordonné par le département d'informatique (DIN) de l'institution. Parmi les centres de ressources de l'EMBRAPA, qui sont les parrains des différents modules de SISGEO, le Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (CPATB), qui dispose de la collaboration des professeurs de l'Université Fédérale de Pelotas (UFPel), a été choisi pour orienter la mise en œuvre du SISPRAGAS.

Les travaux de la phase de conception ont débuté seulement en mai 1987, avec une première réunion qui s'est tenue à Brasília, et qui a permis de mieux définir les objectifs du système, ceux-ci devenant la "*caractérisation des insectes phytophages dans les cultures de basses terres et l'indication de méthodes*

préférentielles de contrôle". La phase de conception s'est terminée en décembre 1988, en donnant lieu au projet logique du module local de SISPRAGAS, version 1.0, élaboré selon la systématique de SISGEO.

2. BENEFICES ATTENDUS

L'agriculture est une activité de grande importance socio-économique dans la région des basses terres de climat tempéré. Le complexe des insectes phytophages, qui existe dans l'agroécosystème considéré, inclut plusieurs espèces polyphages, qui attaquent les graminées, et en particulier le riz, le maïs, le sorgho ou les pâturages et les légumineuses, comme le soja. Ces insectes ont une gamme très étendue d'ennemis naturels, comprenant diverses espèces de pathogènes, parasitoïdes et prédateurs. Le groupe des prédateurs, plus spécifiquement, est formé d'insectes de divers ordres et familles.

Actuellement, et malgré les connaissances déjà acquises sur le sujet, il est nécessaire de mieux quantifier les indices de préjudices causés par les insectes phytophages sur le système productif, ainsi que les bénéfices obtenus par l'action de leurs ennemis naturels. Ceci est dû au fait qu'il manque encore des informations sur les facteurs essentiels pour l'établissement de systèmes rationnels de contrôle des insectes. En conséquence, il est important de rendre accessibles, par le biais d'un système d'information automatisé, les données qui se réfèrent à la composition entomofaunistique de la région des basses terres, à la bioécologie des insectes, au niveau de leur impact sur le système productif et aux nouvelles alternatives de contrôle.

Un tel système, à l'instar des autres modules de SISGEO, sera postérieurement divulgué et implanté dans les autres régions du Brésil par le biais des unités de l'EMBRAPA, en débutant par les centres de ressources.

SISPRAGAS consistera en un logiciel approprié à la saisie, au stockage et à la divulgation des informations sur l'importance des insectes dans les systèmes productifs de la région des basses terres et sur les méthodes de contrôle correspondantes. Il permettra de pronostiquer l'attaque des insectes et de recommander la meilleure méthode de contrôle, à partir du croisement des paramètres biologiques avec les autres informations de l'environnement, parmi lesquels le climat assume un rôle prépondérant.

Au-delà d'un simple stockage de données, SISPRAGAS introduira le traitement automatisé des données en soutien à une activité de recherche de l'entreprise, l'entomologie économique dans ce cas précis. De plus, il servira également pour indiquer des priorités de recherche en différentes régions, dans le cas où l'on identifie la nécessité d'études pour fournir un complément d'information.

Le système est conçu et structuré de façon à ce qu'il puisse être utilisé par des personnes peu au fait des techniques de l'informatique, laissant ainsi prévoir une utilisation plus générale.

3. OBJECTIFS

Pour pouvoir bénéficier des avantages décrits ci-dessus, il a été nécessaire de prévoir les objectifs suivants pour SISPRAGAS :

- cataloguer les insectes d'importance économique que l'on rencontre dans l'agrosystème des Basses Terres de Climat Tempéré ;
- caractériser ces insectes à partir des aspects généraux de leur morphologie ;
- administrer les informations qui se réfèrent au comportement des insectes, y compris l'influence des facteurs biotiques et abiotiques ;
- gérer les données de variétés culturales, qui interviennent dans la relation plante/insecte ;
- enregistrer les données sur les symptômes de l'attaque des insectes ;
- stocker les informations qui concernent le contrôle des insectes et automatiser l'indication de méthodes de contrôle préférentielles.

4. DESCRIPTION DU SYSTEME

4.1. Modélisation des données

La modélisation des données effectuée pour SISPRAGAS conduit au diagramme d'entités-relations présenté sur la figure 1. Trois entités de base ont été identifiées : insecte, plante et produit chimique. Cette dernière entité a été introduite comme unique entité intervenant parmi les diverses méthodes de contrôle existantes (chimiques, physiques, biologiques, variétales, etc.).

En fait, seulement une partie des caractéristiques de chaque entité interviennent dans le système : il s'agit soit de celles qui interviennent réellement dans la relation plante-insecte, soit encore celles qui correspondent aux attributs morphologiques utilisés pour la reconnaissance (identification) des insectes.

Trois relations ont ensuite été mises en évidence :

- relation de susceptibilité (d'un insecte par rapport à un produit chimique) ;
- relation d'ennemi naturel (d'un insecte par rapport à une autre espèce animale) ;
- relation d'attaque et de contrôle, entre un insecte et une plante.

Cette étape de modélisation s'est avérée la plus difficile pendant la phase de conception, car certains concepts, spécialement ceux d'attaque, de contrôle et de susceptibilité avaient été initialement attribués à l'entité "insecte". En seconde analyse, il a été jugé plus satisfaisant de définir des fichiers spécifiques pour ces attributs, dans la mesure où ceux-ci correspondent à des données croisées plante/insecte ou produit/insecte.

A un niveau de détail plus avancé, des ensembles répétitifs d'attributs apparaissent pour les insectes : ils correspondent à chacune des phases de son cycle biologique (oeuf, larve ou nymphe, chrysalide et adulte). De la même façon, le concept de plante se dédouble en culture et variété culturale, tels que

SISPRAGAS

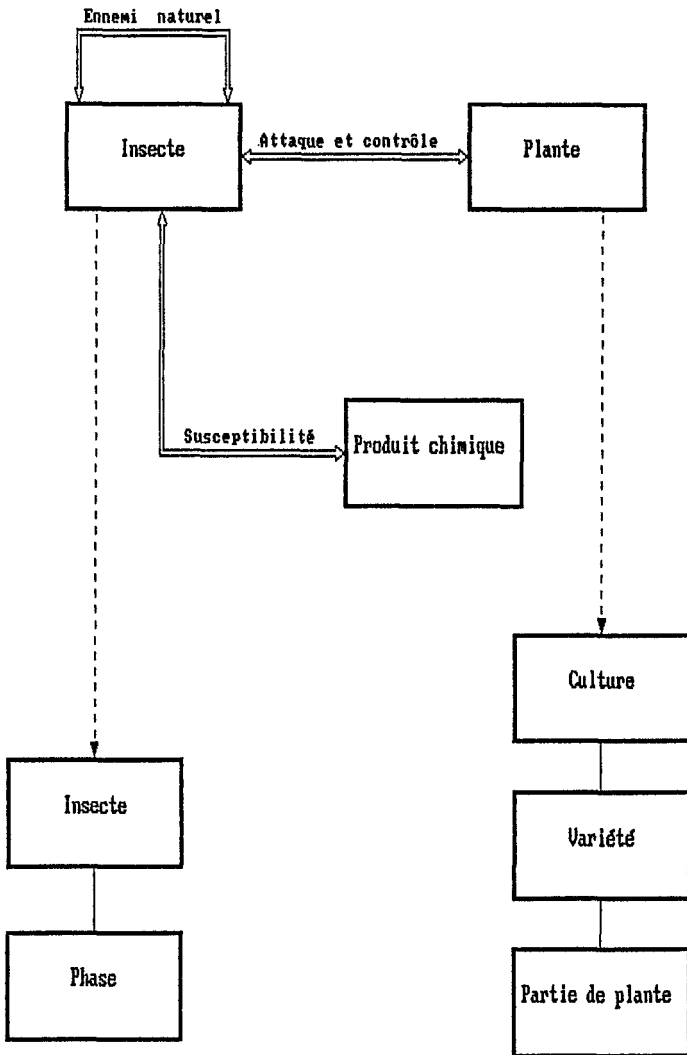


Fig.1 Résultats de la modélisation des données

les variétés culturales d'une même culture se différencient par le biais d'un ou plusieurs attributs morpho-physiologiques. Enfin, le concept de "*partie de plante*", comme racine, feuille, fleur, tige, etc. a été mis en évidence, dans la mesure où il s'agit des divers composants de la variété culturale qui peuvent être attaqués individuellement par un insecte, au cours d'une certaine phase de son développement.

4.2. Analyse fonctionnelle

Conformément à la méthode utilisée par l'équipe du projet SISGEO, et qui a déjà été présentée lors d'un séminaire précédent (SECHET 1987), le travail de conception se poursuit par une analyse fonctionnelle, laquelle s'appuie sur l'élaboration de diagrammes hiérarchisés de flot de données. Le diagramme de niveau le plus général, représenté sur la figure 2, montre l'existence de six fonctions, qui constituent les applications de SISPRAGAS.

La première application, "*Gérer les insectes*" met en évidence trois services : maintenance du dépôt d'insectes, émission de divers rapports sur les insectes et caractérisation de ceux-ci. Le premier service permet d'inclure, d'exclure et de modifier toutes les données d'insectes, tandis que le second permet d'extraire ces mêmes données sous formes d'états opérationnels (inventaire, rapports descriptifs, etc.). Le troisième service offre la possibilité d'identifier les insectes au moyen de certains de leurs attributs morphologiques, comme forme d'aide au diagnostic.

L'application "*Gérer les données d'attaque et de contrôle*" rend possible la saisie des données d'attaque et de contrôle, par le biais des deux premiers services : l'existence de l'insecte et de la variété culturale considérés, dans les fichiers correspondants, est vérifiée à cette occasion. Le troisième service fournit le moyen de croiser les données de l'insecte avec celles de la variété culturale (pour n'importe quelle culture), en utilisant deux types de consultations. En entrant avec une variété culturale déterminée, on peut extraire tous les insectes qui l'attaquent, mais aussi en partant d'un insecte, on peut sélectionner toutes les variétés culturales que celui-ci attaque. Le dernier service émet les rapports les plus complets du système, croisant les attributs de phase d'insecte avec les attributs de partie de plante, en y ajoutant les caractéristiques de l'attaque correspondante, ainsi que les paramètres relatifs au contrôle.

La troisième application, "*Gérer les variétés culturales*", possède une structure semblable à la première, avec ses trois services de maintenance du dépôt de variétés culturales, émission de rapports de variétés culturales et caractérisation de variétés culturales à partir de certains attributs morphologiques de partie de plante. Il est possible d'obtenir divers rapports de variétés culturales, comme inventaire, rapports descriptifs par partie de plante (complet ou simplifié) et rapport de cycle végétatif.

"*Gérer les ennemis naturels*" constitue l'application suivante, composée des deux services de maintenance du dépôt d'ennemis naturels et d'émission de rapports. En partant d'un insecte déterminé, on peut obtenir deux listes distinctes : liste des ennemis naturels et liste des insectes hôtes.

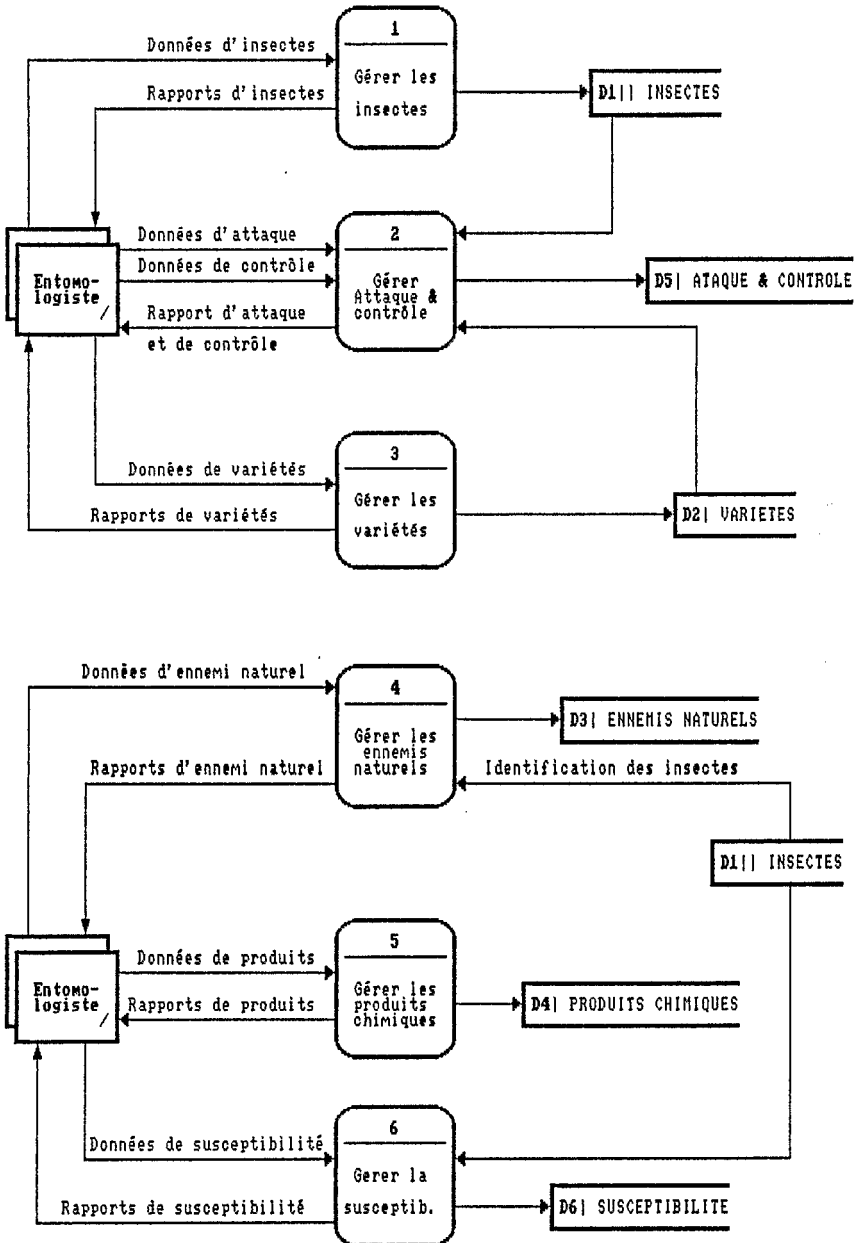


Fig.2 Diagramme de flot de données de niveau 0

La cinquième application, "Gérer les produits chimiques", traite le dépôt de produits chimiques, en fournissant les ressources de saisie et d'actualisation des données correspondantes, en plus de permettre l'émission des rapports opérationnels de ces produits : inventaire et rapport descriptif complet.

Finalement, la sixième application "Gérer les données de susceptibilité", offre un moyen d'intervenir sur le fichier où sont conservés les paramètres de susceptibilité d'un insecte déterminé par rapport à un produit chimique donné. Aussi bien la maintenance de celui-ci, que l'émission des rapports croisés correspondants (complet ou simplifié), font intervenir l'accès aux dépôts d'insectes et de produits chimiques, dans la mesure où l'enregistrement des données de susceptibilité est conditionné à l'existence des données correspondantes de produit chimique et d'insecte.

En plus de ses fonctions intrinsèques, SISPRAGAS possède également des applications qui permettent de réaliser des opérations plus générales, comme l'administration des tables de codification, la gestion de routines complètes de copie et restauration des fichiers, le contrôle d'accès ou encore la "paramétrisation" de l'interface système-utilisateur. Ces fonctions générales sont implémentées par le biais d'utilitaires spécifiques (SISTAB, SISCOP, etc.), mis au point dans le cadre du programme SISGEO.

4.3. Analyse des données

L'étape suivante de la méthodologie est constituée par l'analyse des données, au cours de laquelle les flots de données, identifiés en chacun des diagrammes élaborés durant la phase précédente, sont décrits systématiquement en termes de champs. On détaille de cette façon tous les attributs inhérents à chaque entité qui intervient dans le système, ainsi que tous les paramètres des sollicitations (de rapports, de consultations, etc.). Ensuite, chaque élément de donnée (champ) identifié est spécifié rigoureusement en ce qui concerne ses caractéristiques d'intérêt pour le traitement informatique, comme le type, la taille, le masque d'édition, l'algorithme de validation, etc.. Cette dernière étape conduit à l'élaboration d'un dictionnaire de variables pour le système.

Pour le dépôt d'insectes, les attributs considérés appartiennent à deux catégories distinctes : classification (comprenant dénominations scientifique et populaire, et leurs synonymes) et biologie du développement, avec les caractéristiques de toutes les phases du cycle de vie de l'insecte. Pour chacune des phases, SISPRAGAS enregistre les données de viabilité, certains caractères morphologiques utilisés pour la reconnaissance et les variables qui mesurent l'effet des facteurs physiques de l'environnement sur le développement de la phase en question.

Dans le cas particulier de la phase "oeuf", il existe également un ensemble de données inhérentes à la ponte. Pour les phases larve, nymphe et adulte les informations qui se réfèrent au comportement, telles que l'habitude et la forme de l'attaque, les conditions de l'environnement favorables à l'attaque, etc.,

apparaissent également. Enfin, pour la phase de chrysalide, il y a en plus des données spécifiques, comme le lieu de réalisation (par rapport à la partie de plante) ou le type de protection de chrysalide.

Il est intéressant de noter que SISPRAGAS prévoit d'associer, aux données stockées, un attribut de qualité de l'information (empirique, adaptée ou appropriée).

Pour le dépôt de variétés culturales, les données stockées se divisent en trois groupes : identification (avec la classification de la culture et l'identité de la variété culturale), caractéristiques agronomiques et classes du cycle de développement (avec les limites de chaque stage).

Les caractéristiques agronomiques correspondent à la morphologie des divers éléments de la plante : racine, tige, feuille, fleur et fruit. Pour chaque composant on a essentiellement des caractéristiques de taille, des caractéristiques externes (comme la rugosité, la pilosité et la couleur) et des caractéristiques de distribution, quand elles s'appliquent (racine, feuille et fleur). Dans le cas de la feuille, les composants internes (limbe, gousse, ligule, auricule et pétiole) sont de plus décrits. Il en va de même pour la fleur (pédoncule, sépale, pétales, glumelles supérieure et inférieure, gynécée et androcée), ces deux derniers avec leurs parties également décomposées.

Les champs qui ont été identifiés pour les produits chimiques constituent trois catégories différentes : identification, données du registre et caractérisation. La caractérisation comprend des informations sur la toxicologie, le mode d'action et les classes de produit (insecticide, nématicide, fongicide, acaricide, etc.).

Le dépôt appelé "*données d'attaque et de contrôle*" contient des informations sur l'identification (phase d'insecte et partie de plante), l'attaque et le contrôle. Les caractéristiques de l'attaque sont le local, l'époque (mesurée en terme de stage du développement physiologique de la plante) et les symptômes. Les données de contrôle sont formées de l'unité de mesure pour le niveau de contrôle et des recommandations.

Finalement, dans le dépôt de "*données de susceptibilité*", on trouve les clés identifiant le produit chimique et l'insecte, ainsi que les attributs qui mesurent l'effet de ce produit sur l'insecte, sous la forme d'un dosage nécessaire pour inviabiliser une certaine proportion des individus.

Le dictionnaire des variables élaboré à partir de la structure du SISPRAGAS, telle qu'elle est présentée sur la figure 3, contient, dans cette première version 640 rubriques, chacune d'elles représentant un champ devant être stocké dans l'un des fichiers de la base de données. Plus de 70 tables de codification ont également été identifiées. Une tactique d'implémentation a ainsi été élaborée pour le système, lequel est en cours de spécification pour une implémentation sur micro-ordinateur PC-compatible, équipé d'un disque dur.

4.4. Perspectives quant à l'implémentation

En suivant la méthodologie de travail de SISGEO, le projet logique terminé à l'issue de la phase de conception passe dans les mains de l'analyste de spécification, chargé de la définition physique de la base de données et des programmes qui composent le système applicatif. Compte tenu de la documentation

SISPRAGAS

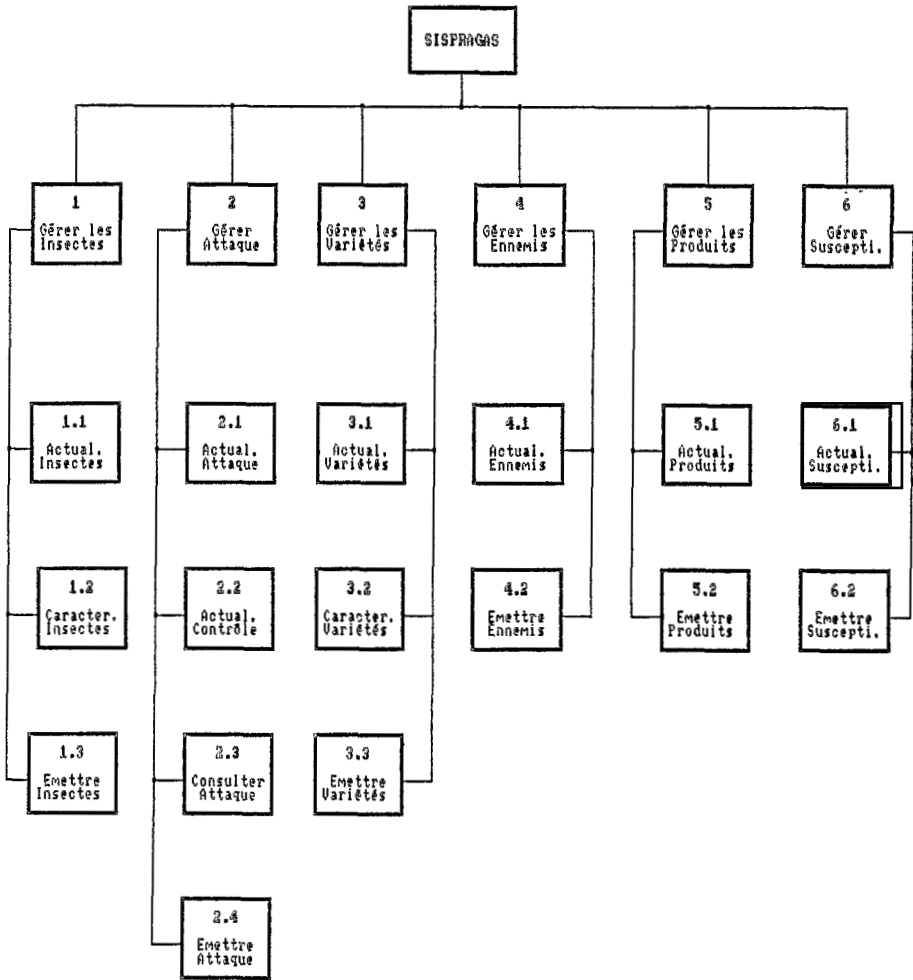


Fig.3 Tactique d'implémentation (structure du système)

disponible dans le projet logique, l'équipe d'implémentation n'a pas besoin de recourir constamment à l'équipe thématique, mais seulement lorsque certaines étapes bien définies du projet sont terminées, pour approbation.

Compte tenu de la taille relativement importante de ce système, il est actuellement envisagé de disposer d'une première version opérationnelle en moins de douze mois, laquelle devra être présentée au prochain congrès brésilien d'entomologie agricole, prévu à Recife, en juillet 1990.

CONCLUSION

L'élaboration du projet logique de SISPRAGAS démontre que l'intégration de spécialistes de disciplines différentes (dans ce cas précis la biologie et l'informatique) est possible au point de structurer des logiciels dotés de caractéristiques propres de soutien de recherche. De tels systèmes présentent une meilleure chance d'être acceptés par la communauté scientifique correspondante, car ils respectent les principes de base de la discipline considérée, lesquels sont fournis par l'équipe thématique. De plus, la participation des professionnels de l'informatique permet de garantir que les fondements essentiels du traitement des données (sécurité et intégrité, normalisation des fichiers, etc.) sont incorporés, conférant ainsi au produit final un bon niveau de crédibilité et une plus grande probabilité de mise en oeuvre effective et de dissémination.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Julio José Centeno da Silva, Gláucia Soares da Silva Pinto (chercheurs du CPATB/EMBRAPA), Ida Cristina Lago, Milton de Souza Guerra (Professeurs de l'UFPEl) et Miriam Cristina Galante Gomes (analyste de systèmes du DIN/EMBRAPA), pour leur collaboration lors de la formulation du projet logique de SISPRAGAS.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BORROR, D.J. & DELONG, D.M. *Introdução ao estudo dos insetos*. Edição Brasileira, Rio de Janeiro, USAID, Programa de publicações didáticas, 1969. 660p.
- CAVERO, E.S.; GUERRA, M.S. & VIEIRA, V.V. *Inseticidas e Acaricidas - Toxicologia ; Receituário agrônômico*. Piraçicaba, Livroceres, 1985. 424p.
- EMBRAPA (DIN & CPATB). *Projeto lógico de SISPRAGAS*. Brasília, 1988, 230p. (Diffusion restreinte).

- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. De; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. & ALVES, S.B. *Manual de entomologia agrícola*. São Paulo, Ed. Agrônômica Ceres, 1978. 531p.
- GANE, C. & SARSON, T. *Structured systems analysis : tools and techniques*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1979. 256p.
- KING, A.B.S. & SAUNDERS, J.L. *The invertebrate pests of annual food crops in Central América*. London, Overseas Development Administration, 1984. 166p.
- KOGAN, M. & HERZOG, D.C. *Sampling methods in Soybean entomology*. New York, Springer-Verlag New York Inc., 1980. 587p.
- LARRA, F.M. *Princípios de resistência de plantas à insetos*. Piraçicaba, Ed. Livrocere, 1978. 207p.
- MARANHÃO, Z.C. *Morfologia geral dos insetos*. São Paulo, Nobel, 1978. 396p.
- MAXWELL, F.G. & JENNINGS, P.R. *Breeding plant resistant to insects*. New York, John Wiley & Sons, 1980. 683p.
- RAWITSCHER, F. *Elementos básicos de botânica*. 8a edição, São Paulo, Editora Nacional, 1979. 382p.
- REISSIG, W.H.; HEINRICH, E.A.; LITSINGER, J.A.; MOODY, K.; FIEDLER, L.; MEW, T.W. & BARRION, A.T. *Illustrated guide to integrated pest management in rice in Tropical Asia*. Los Banos, International Rice Research Institute, 1986. 411p.
- SECHET, P. *Méthode d'analyse structurée pour la mise au point de logiciels*. In : Séminfor 1, Premier séminaire informatique de l'ORSTOM. Paris, ORSTOM, 1987. pp.221-48.
- SECHET, P.; FRESNEDA, P.S.V. & COCHONNEAU, G. *SISGEO : une méthodologie d'administration des données de l'environnement rural*. In : Séminfor 3, Troisième séminaire informatique de l'ORSTOM. Paris, ORSTOM, 1989.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. & VILLA NOVA, N.A. *Manual de ecologia dos insetos*. São Paulo, Ed. Agrônômica Ceres, 1976. 419p.
- WIGGLESWORTH, V.B. *The principles of insect physiology*, London, Methuen & Co. Ltd., 1965. 741p.