

## UTILISATION DE L'INFORMATIQUE DANS LA GESTION ET LE TRAITEMENT DE DONNEES BIOLOGIQUES

(Daniel CARDON)

**RESUME** - Dans le cadre de la convention ORSTOM-IRENA, une série d'expérimentations sur maïs destinées à vérifier la validité d'un modèle de production est en cours. Trois types de collecte sont opérées, comprenant des mesures de surface foliaire et de pois des différentes parties de la plante. SISBIO est un système informatique créé pour assurer la gestion des données correspondantes.

SISBIO prend en charge toutes les opérations de cette gestion, depuis la collecte jusqu'à l'exploitation des données de l'expérimentation, c'est à dire la création de la feuille de collecte, l'informatisation des données, la critique et la correction de celles-ci, ainsi que leur utilisation.

La façon dont SISBIO s'acquitte de cette tâche dépend de la conception générale du système et des priorités qui lui sont attachées. Pour remplir pleinement son rôle, le programme doit être simple d'utilisation mais, suivant la fonction des utilisateurs, le bien fondé de cette appréciation peut varier notablement. Trois utilisateurs potentiels ont été identifiés : l'opérateur qui saisit les données, le responsable scientifique qui conduit l'expérimentation et l'utilisateur des données. Vu sous l'angle de ces trois utilisateurs, la conception de SISBIO a été guidée par quatre grands principes : la rigueur, la sécurité, la simplicité et la souplesse.

La présente communication expose successivement la conception et les objectifs du système, ainsi que les techniques adoptées pour les atteindre. L'utilisation pratique de SISBIO est également présentée, en suivant pas à pas toutes les étapes d'une expérimentation.

SISBIO a été testé durant un cycle de culture et s'est révélé un instrument de travail précieux, tant par le côté complet de gestion que par sa souplesse d'utilisation, ou encore par l'aspect de sécurité des données. Toutefois, si on veut l'utiliser avec d'autres plantes que le maïs se cultivant en ligne, il sera nécessaire d'intervenir directement dans la programmation du système.

### INTRODUCTION

Dans le cadre de la convention IRENA-ORSTOM au NICARAGUA sont en cours de réalisation une série d'expérimentations sur maïs destinées à la vérification d'un modèle de croissance et de production. Ces expérimentations comprennent évidemment des mesures biologiques. L'objet de ce travail est la description de leur gestion et de leur traitement à l'aide de l'ordinateur.

Les données collectées, le mode de collecte et le nombre de répétitions correspondent à un mode opératoire précis mis au point à l'aide de résultats préliminaires (CARDON janvier 1988). Une présentation succincte en sera faite dans le premier chapitre.

L'utilisation de l'informatique s'est effectuée en deux étapes :

- la gestion des données brutes c'est à dire la collecte, l'informatisation, la critique et le pré-traitement de ces données à l'aide d'un logiciel créé à cet effet (SISBIO) ;

- leur traitement proprement dit avec un logiciel du commerce (LOTUS 123).

Ces deux phases seront examinées successivement dans le second chapitre.

Ce système de travail a été testé de juin à octobre 1988, un essai sur maïs ayant été réalisé durant cette période. Le dernier chapitre sera consacré à la façon pratique de l'utiliser et à son analyse critique en fonction des résultats obtenus dans l'essai précité - pour plus de précision voir (CARDON avril 1989) - et des difficultés rencontrées.

## **1. PRESENTATION DES DONNEES**

Avant la mise au point de la méthode de travail présentée, préexistaient un certain nombre de résultats issus de travaux antérieurs. Leur étude a permis de déterminer la variabilité approximative de chaque mesure et, par voie de conséquence, le nombre de répétitions nécessaires à l'obtention d'une précision donnée. Dans certains cas elle a également autorisé une simplification appréciable du protocole expérimental. Enfin la connaissance pédologique du terrain expérimental a dicté l'emplacement des parcelles d'essai et le mode d'échantillonnage.

Suivant les cas, les mesures peuvent être ou ne pas être destructives. On a donc considéré différents types d'expérimentation qui seront exposés successivement après présentation des données.

### **1.1. Données recherchées**

Elles sont de trois types : des mesures de poids, des mesures de longueur et des mesures de surface foliaire. Les mesures de poids concerne les différentes parties de la plante c'est à dire racines, thalle, feuilles et fruits. Les mesures de longueur sont la hauteur de la plante, la profondeur racinienne et les dimensions du thalle et des feuilles, ces dernières permettant d'obtenir la surface foliaire.

### **1.2. Expérimentation destructive**

Elle concerne la mesure du poids sec des différentes parties de la plante à l'exception du poids racinienne. En outre, compte tenu de leur intérêt économique ont été mesurés en fin de cycle, les poids sec et humide de grain. Chaque parcelle est divisée en six blocs et dans chaque bloc sont effectuées deux répétitions en des points tirés au hasard. Le poids racinienne est obtenu en appliquant une fonction à la somme des poids des autres parties de la plante. Cette fonction est un des produits de l'étude mentionnée antérieurement.

### 1.3. Expérimentation non destructive

C'est la mesure des dimensions de la plante, soit pour chacune d'elles sa hauteur, les dimensions du thalle, et pour les feuilles N° 9, 12, 15 la longueur et la plus grande largeur. Pour chaque feuille un coefficient multiplicatif permet d'obtenir sa surface à partir des dimensions. Pour avoir la surface foliaire de la plante il suffit d'appliquer un second coefficient à la somme des surfaces des trois feuilles considérées (CARDON janvier 1988). Chaque parcelle est divisée en 6 blocs et dans chaque bloc sont effectuées 5 répétitions en des points tirés au hasard.

### 1.4. Expérimentation de vérification

Elle concerne l'expérimentation non-destructive. Les deux coefficients appliqués dans la mesure de la surface foliaire ont été obtenus dans l'étude ci-dessus référencée. Le premier est très voisin de celui trouvé par d'autres auteurs (MORREY & TOGOLA 1985) et peut donc être considéré comme un résultat acquis. Le second est beaucoup moins classique, il est donc nécessaire de vérifier sa stabilité. Dans chaque parcelle un emplacement est donc tiré au hasard à intervalles réguliers, et la plante qui s'y trouve étudiée de façon complète. La stabilité des coefficients est vérifiée en fin de cycle sur l'échantillon constitué par l'ensemble de toutes les plantes. Cette étude limitée est mise à profit pour effectuer une autre vérification : celle de la profondeur racinienne.

## 2. PRESENTATION DU SYSTEME DE TRAITEMENT DES DONNEES

Dans une présentation générale on exposera les objectifs poursuivis en créant SISBIO ainsi que la composition de ce système, ensuite on détaillera le rôle de chacun de ses programmes pris en particulier, enfin on considérera la fin du traitement des données dans LOTUS.

### 2.1. Présentation générale de SISBIO

#### 2.11 Objectifs de SISBIO

Ces objectifs sont de deux ordres : ceux ayant trait aux qualités informatiques recherchées dans le système et le rôle de SISBIO dans le traitement des données biologiques.

Les premiers étaient en "filigrane" dans un travail présenté antérieurement (CARDON & al 1987), et on les retrouve clairement explicités dans un autre système (SISOND) présenté au cours du même séminaire. Quatre grands principes ont guidés la conception de SISBIO :

- la rigueur imposée à l'utilisateur ;
- la sécurité ;
- la simplicité d'emploi ;
- la souplesse.

SISBIO a été créé pour assurer la gestion des données brutes définies dans le premier chapitre. Par gestion on entend l'ensemble des opérations suivantes :

- la création de la feuille de collecte avec mention de toutes les indications nécessaires, particulièrement de l'emplacement des mesures ;
- l'informatisation ;
- la critique ;
- la correction éventuelle ;
- le pré-traitement des données.

Les calculs à effectuer sur les données a été scindé en deux parties : ceux qu'il faudra faire de toute manière et ceux dépendants de l'orientation donnée au travail de recherche. Ce sont les premiers qu'on a appelés le pré-traitement.

Comme le montreront les paragraphes suivants, les directrices précédentes ont souvent induites des solutions en tous points comparables à celles adoptées dans SISONND. Il y a cependant une différence importante due pour part au sujet traité, pour part à la chronologie adoptée dans la réalisation des deux systèmes (SISBIO est antérieur) : au contraire de SISONND utilisable dans la plupart des expérimentations avec sonde à neutrons, SISBIO ne sert que pour les trois types d'expérimentations définis dans le premier chapitre. Certes un paramétrage judicieux permet d'adapter assez facilement les programmes utilisés à une plante ayant par exemple un autre potentiel foliaire que le maïs pourvue qu'elle soit cultivée en ligne comme lui. Mais de toutes façons il faut intervenir directement dans la programmation.

### 2.12 Présentation générale

A l'appel de SISBIO apparait un menu général invitant l'utilisateur à choisir l'une des options suivantes :

- programme d'installation ;
- programme de BACKUP ;
- description d'expérimentation ;
- création de registres dans les fichiers de données et impression des feuilles de collecte ;
- informatisation des données ;
- critique des données ;
- pré-traitement des données ;
- fin.

A chaque option correspond un caractère. Après avoir rentré ce caractère au clavier se déroule le programme, choisi puis il y a retour au menu général (sauf pour la dernière option).

Deux types de fichiers sont utilisés par ces programmes :

- les fichiers servant à stocker les données entrées au clavier dans le système, qui sont à accès direct, appelés fichiers de données brutes ;
- les fichiers créés par programme à partir des premiers, en caractères ASCII et à accès séquentiel, ou fichiers de données élaborées.

Les deux premiers programmes sont une copie à peine modifiée de leurs équivalents dans SISONND. Leur rôle est principalement de protection. En particulier il n'est pas possible de sortir du système sans sauver les fichiers de données brutes modifiés au cours de la session de travail.

Les autres programmes constituent le système proprement dit. Comme il y a trois types de données, chacun d'eux est divisé en un tronc commun identique pour toutes, et trois parties, chacune spécifique d'un type de données. Ils fonctionnent suivant le schéma général suivant :

- sur la vidéo apparaît un écran explicatif avec un certain nombre de champs de données à documenter ;
- pour pouvoir poursuivre il faut que ces champs soient remplis de façon acceptable sinon apparaissent des messages d'erreur ;
- on peut passer à l'écran suivant ou revenir à l'écran antérieur à condition bien sûr qu'il y en ait un ;
- dans tous les cas on peut revenir au menu principal.

Certaines opérations sont irréversibles (création de fichiers ou de registres dans les fichiers de données brutes, etc.) et par conséquent comportent un risque. Pour limiter ce risque elles sont protégées par un mot de passe dont la gestion est assurée par le programme d'installation. Si celui-ci n'est pas connu, l'opération est annulée et, suivant les cas, il peut y avoir retour au menu principal.

Autant que faire se peut, les causes d'erreur lors de la documentation des écrans ont été limitées (choix d'option par le caractère "X", apparition de la liste des réponses possibles dans une fenêtre, etc.). Dans tous les cas des explications circonstanciées apparaissent en grisé pour faciliter la documentation des champs de données. Dans le cas de l'informatisation des données brutes, c'est l'image exacte de la feuille de collecte qui apparaît avec indication des noms du fichier et du registre afin d'éviter toute confusion. Dans ce cas et sur option choisie en début de programme, l'image de la feuille de collecte apparaît ensuite une seconde fois pour permettre à l'utilisateur d'ajouter un code à chaque donnée.

## **2.2. Présentation des programmes de SISBIO**

De cette présentation sont exclus les programmes d'installation et de BACKUP. Ils sont examinés un à un dans leur ordre logique d'utilisation.

### *2.2.1. Description d'expérimentation*

Jusque neuf expérimentations peuvent être décrites simultanément. Dans un premier écran, l'utilisateur choisit les numéros des descriptions d'expérimentations à documenter, redocumenter ou effacer. Ensuite, pour chacune d'elles, il documente les données suivantes :

- une description sommaire ;
- le nom en 5 lettres du fichier de données correspondant ;
- le type de ces données ;
- la date du semis.

Pour chaque bloc, il faut enfin indiquer les numéros des rangées extrêmes qui constituent sa partie utile, et la distance en mètres qui sépare les extrémités utiles du bloc du début de chaque rangée.

### 2.22. Création de registres dans les fichiers de données

Ce programme a un double rôle puisqu'il permet également l'impression des feuilles de collecte. En apposant un "X" dans le champ contigu à leur description sommaire, l'utilisateur sélectionne les expérimentations avec lesquelles il désire travailler. Ensuite il choisit le type de tâche à effectuer (création ou impression), et remplit la date correspondante. Après vérification de cette dernière, le système effectue la tâche désirée. En particulier il tire au hasard l'emplacement des plantes à étudier, et, par voie de conséquence, ces informations sont les premières données informatisées.

### 2.23. Informatisation des données brutes

L'utilisateur reporte les noms de fichier et de registre des données qu'il désire informatiser, et, en option, indique s'il veut leur associer un code. Sur les écrans à venir apparaissent la ou les feuilles de collecte correspondantes. La documentation s'effectue dans l'ordre de la collecte.

### 2.24. Critique des données brutes

L'utilisateur communique au système le nom du fichier qu'il désire critiquer et éventuellement les noms des registres de début et de fin de critique (les extrémités de fichier constituent l'option par défaut). Un rapport de critique est alors imprimé. Chaque fois que le programme rencontre dans un bloc une donnée douteuse, il imprime toutes les données du bloc dans l'ordre de collecte et souligne la ou les données douteuses. De plus, au début de chaque trait, apparaît un numéro indiquant le type de contrôle effectué (entre limites extrêmes, contrôle de données entre elles, etc.).

### 2.25. Création de fichiers de données élaborées

Dans un premier écran, l'utilisateur choisit un nom de fichier à traiter et éventuellement les noms des registres de début et de fin de traitement. Ensuite il indique le nom du ou des fichiers créés ainsi que le *directory* dans lequel ils devront être gravés. Enfin une option permet de décider si les registres de ces fichiers se rapporteront aux données relatives à un bloc ou à une seule plante. Dans tous les cas, chaque registre portera mention des noms du fichier de données brutes et du registre traités, de la date, du numéro du bloc et du nombre de jours écoulés depuis le semis.

Dans le ou les écrans suivants, on a la possibilité de discriminer certaines données individuellement, en utilisant les codes (par exemple les données de code "D" souvent utilisé pour désigner les valeurs douteuses), et/ou géographique. En effet il est possible dans les limites de la parcelle de délimiter jusque 9 rectangles dont la superficie sera exclue ou, au contraire, seule retenue pour étudier les données.

### 2.3. Traitement des données sous LOTUS

Dans un travail de recherche, il faut bien entendu disposer d'un fil conducteur en fonction duquel on détermine les paramètres à mesurer et les expérimentations pour les obtenir. Néanmoins, au niveau du traitement des données, il y a toujours des surprises et il est très difficile sinon impossible de prévoir tous les développements d'une étude afin de les intégrer à un système informatique. Pour cette raison, la fin du traitement des données biologiques est effectuée dans un logiciel du commerce beaucoup plus souple pour ce genre de travail. On disposait de LOTUS 1-2-3, ce logiciel permet des sorties graphiques particulièrement claires, ce sont les raisons pour lesquelles il a été utilisé.

Le risque d'erreur augmente avec le nombre d'opérations effectuées. En particulier il faut en faire plus d'une trentaine (titres, légendes et unités comprises) pour créer un graphique sous LOTUS. Il est très contraignant de se rappeler tous les détails d'une présentation adoptée, surtout si on réalise des graphiques avec des données de nature différentes. Les instructions utilisées sous LOTUS peuvent être regroupées pour former de véritables programmes, qu'on peut tester, éliminant ainsi le risque d'erreurs et assurant l'homogénéité de la présentation des produits. Ces instructions présentent certes tout les éléments d'un véritable langage informatique (boucles, appel de routines etc...), mais elles n'ont ni la richesse, ni la clarté ni l'environnement de langages évolués tels que PASCAL, BASIC ou FORTRAN. On a donc réservé la création de tels programmes aux cas où la répétitivité et/ou le risque d'erreur le justifiaient.

La vérification de la méthodologie s'effectue avec un nombre réduit de données donc sans programme, et il serait trivial d'expliquer l'usage fait de LOTUS dans ce cas. Pour chacun des deux autres types de données, il existe deux formes de fichier de sortie de SISBIO. Des programmes d'importation adéquats les transforment et, en vue des traitements ultérieurs, les mettent sous une forme unique dans une page LOTUS. Tous les programmes sont préécrits dans une page de travail de LOTUS sans données. Pour les utiliser on importe cette page, on la change de nom, on importe dans la page les données à traiter qu'on utilise avec l'un ou l'autre des deux programmes graphiques. Sur la figure 1 on a représenté le plan sommaire de la feuille de travail avec la localisation approximative des zones réservées. La zone I est une colonne dont chaque cellule occupe 70 caractères. Elle est divisée en trois parties. En I-a on trouve le mode d'emploi des programmes, en I-b la signification de certains choix faits en cours de programme, en I-c- le texte des routines et programmes. Dans la zone II les données importées sont traitées. Dans la zone III sont stockées les bases de données LOTUS. La zone IV contient certaines variables nécessaires à la bonne marche des programmes. La zone V est réservée aux données à représenter graphiquement. Les codes apposés en haut et à gauche de chaque zone, représentent la position de début de la zone dans la page de travail.

Les programmes d'importation de données présentent en commun les caractéristiques suivantes :

- ils permettent d'importer en même temps un nombre quelconque de fichiers créés par SISBIO, à condition qu'ils soient du type requis ;

SISBIO

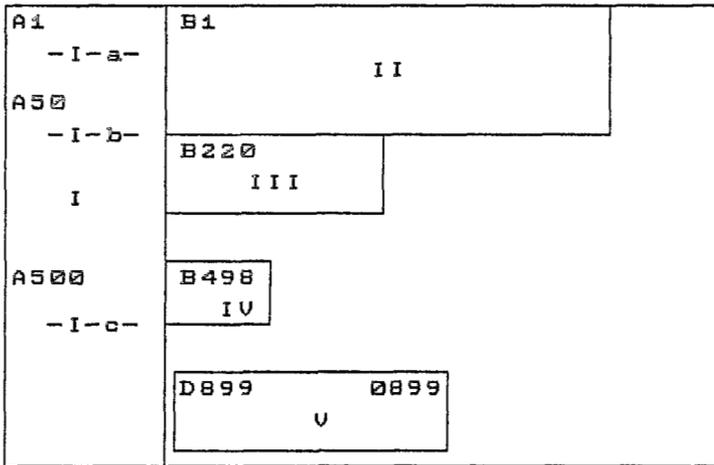


Fig.1 Schéma général de la feuille de travail  
avec LOTUS

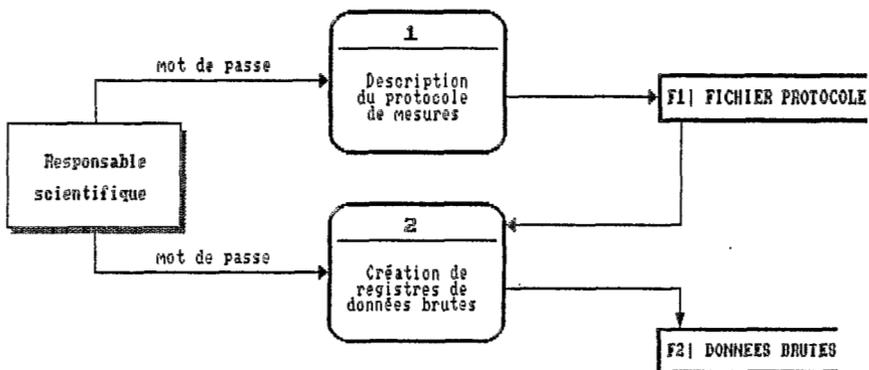


Fig.2 Diagramme de flot de données de SISBIO

Point de vue du responsable de l'expérimentation

- ces fichiers transformés constituent une base de données ;
- on peut créer au maximum quatre bases de données dans une page de travail ;
- les valeurs figurant dans les bases de données sont les moyennes par journée de collecte. En plus figurent des valeurs calculées comme le L.A.I. (surface foliaire) dans le cas des surfaces foliaires, ou des grandeurs repérées (maxima, minima, etc.).

Une difficulté imprévue a dû être surmontée avec tous ces programmes. Lorsqu'on importe avec LOTUS des fichiers numériques externes, le blanc entre deux données est interprété comme une séparation. Pour éviter un décalage dans les données, lorsque l'une d'elles est absente, on l'a remplacée par une valeur absurde. Une fois importée par LOTUS, cette dernière est considérée comme une donnée normale qu'il faut cependant discriminer. De nombreuses facilités de LOTUS (moyennes, écarts-types, etc.) ne peuvent plus alors être utilisées et la programmation évidemment compliquée.

Les programmes graphiques sont de deux types :

- ceux comparant différentes grandeurs de la même base de données ;
- ceux comparant une même grandeur suivant différentes bases de données.

Toutes les représentations se font en fonction du nombre de jours écoulés depuis le semis. Les premiers en particulier permettent de suivre l'évolution simultanée dans le temps pour chaque paramètre : de sa valeur, de son écart-type et de ses valeurs maxima et minima.

### **3. UTILISATION ET ANALYSE CRITIQUE DU SYSTEME DE TRAVAIL PRESENTE**

Le fonctionnement de SISBIO n'est pas simple, pour cela on lui a consacré tout le premier paragraphe. Ensuite on a considéré l'utilisation du système dans son ensemble pour le traitement des données. Dans le dernier paragraphe, on s'appuie sur les données déjà traitées pour porter un jugement.

#### **3.1. Fonctionnement de SISBIO**

Pour rendre plus clair le fonctionnement de SISBIO on a considéré l'existence de trois utilisateurs potentiels : le responsable scientifique, le responsable des mesures de terrain et l'utilisateur des données. Il s'agit en fait d'une division un peu arbitraire et la même personne peut très bien remplir les trois fonctions. Les rôles respectifs des deux premiers utilisateurs sont schématisés dans les figures 2 et 3.

Le responsable scientifique conçoit l'expérimentation et la décrit à l'aide du programme N° 1. Ensuite il décide du rythme des mesures et des dates de collecte avec le programme N° 2. Ces deux tâches sont protégées par le mot de passe.

## SISBIO

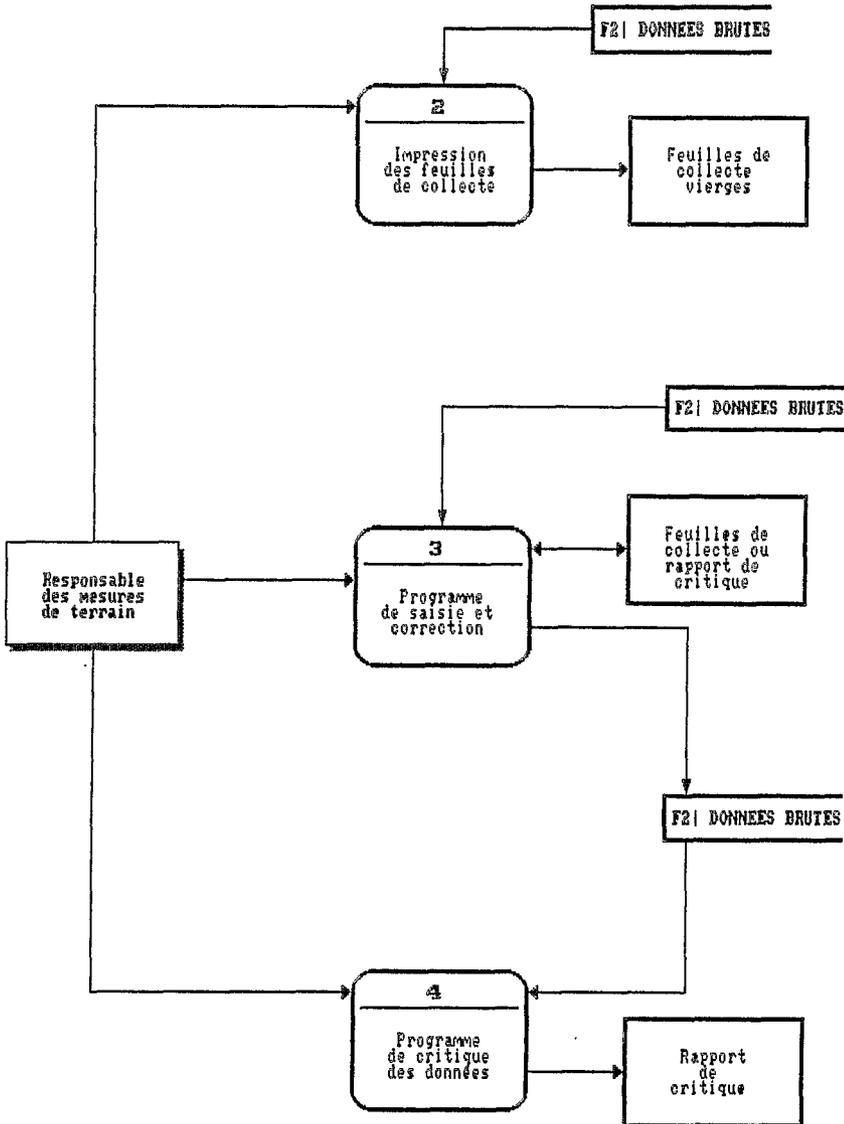


Fig.3 Diagramme de flot de données de SISBIO

Point de vue de l'observateur de terrain

## SISBIO

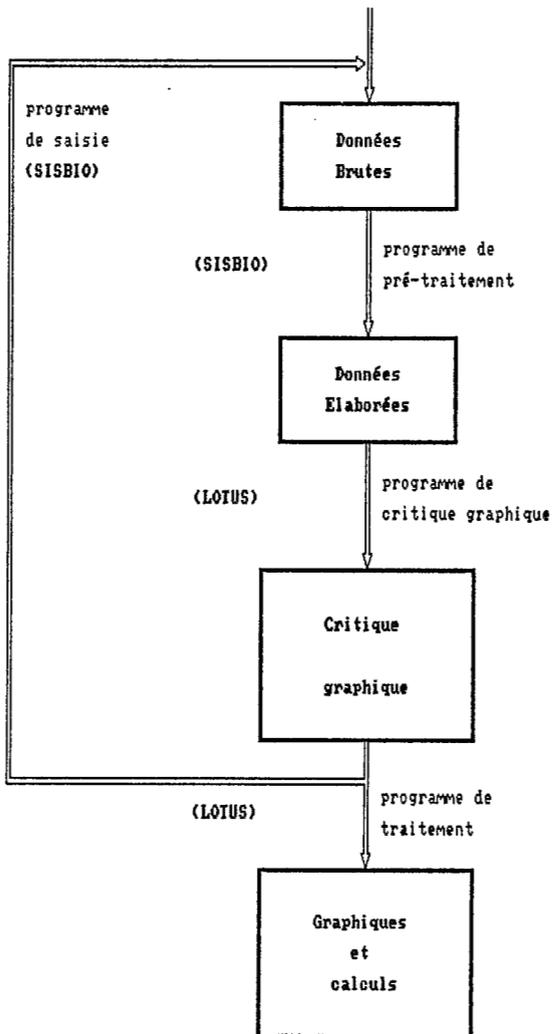


Fig.4 Schéma général de traitement des données

Le responsable des mesures est chargé de toutes les tâches de routines. Chaque fois que le responsable scientifique prévoit une collecte de données il réalise les opérations suivantes :

- avec le programme N° 2 il imprime les feuilles de collecte qui serviront de support à son travail de terrain,
- après chaque collecte il procède à l'informatisation des données à l'aide du programme N° 3.

A intervalles réguliers il procède au contrôle des données en procédant comme suit :

- il utilise le programme N° 4 pour obtenir un rapport de critique de ces données,
- après vérification, il procède à la correction et éventuellement à l'apposition de codes à certaines données, à l'aide du programme N° 3.

Cette dernière opération peut également faire partie des attributions du responsable scientifique.

L'utilisateur des données utilise SISBIO pour créer, à partir des données brutes vérifiées, les fichiers de données élaborées qu'il utilisera ensuite sous LOTUS.

### 3.2. Fonctionnement général du système

On ne reviendra pas sur l'obtention des données brutes et leur vérification déjà vues antérieurement. Ce paragraphe se confond avec le traitement des données, il est résumé par la figure 4. Celui-ci se passe en deux phases :

- une phase de jugement porté sur les données ;
- la phase d'exploitation proprement dite.

La première phase débute par la création de fichiers de données élaborées utilisant la totalité de fichiers de données brutes. Ces fichiers sont ensuite importés sous LOTUS un par un et/ou par groupes choisis en fonction du dispositif expérimental et des problèmes rencontrés en cours d'expérimentation. Ensuite on les analyse, paramètre par paramètre, en utilisant le programme de critique graphique sous LOTUS, afin de repérer les éventuelles singularités et de tenter de les expliquer. A la différence de la critique effectuée par SISBIO ne faisant intervenir à la fois que les données d'une seule collecte, celle-ci met en relief les anomalies dans l'évolution dans le temps des valeurs prises par les différents paramètres. Elle permet donc une analyse beaucoup plus fine.

La deuxième phase débute par un retour à SISBIO. Eventuellement et en fonction des résultats précédents, on associe à certaines données de nouveaux codes. Ensuite on prend une décision quant aux données à utiliser dans les fichiers de données élaborées. Ces fichiers sont alors importés sous LOTUS. La suite du travail se fait à l'aide des programmes existant lorsqu'il s'agit d'une tâche courante. Dans le cas contraire les opérations sont réalisées directement dans ce logiciel.

### 3.3. Critique du système de travail

Les données biologiques sur maïs obtenues au cours d'un essai de saison des pluies, réalisé dans le cadre du programme cité en introduction, ont été analysées par cette méthode. Cet essai comprenait trois parcelles, deux en maïs pluvial avec des densités de peuplement différentes, la troisième avec la plus forte des densités précédentes et irrigation d'appoint. L'essai s'est déroulé de juillet à fin octobre 1988. Un rapport interne a été rédigé (CARDON avril 1989), auquel on pourra se reporter pour plus de précision.

Les conditions expérimentales (mauvaises herbes mal contrôlées, maladies, vols mêmes) ont créé une hétérogénéité peu compatible avec une bonne précision. La situation du terrain expérimental, en partie en contrebas d'une route régulièrement inondée, a également été une source de problèmes.

L'utilisation des codes associés aux données brutes a permis de vérifier l'influence de chacun de ces facteurs et éventuellement d'éliminer les plantes leur correspondant. Par exemple, il est arrivé qu'une plante soit sans épis de maïs (vol, etc.). Sur un échantillon de douze données au maximum, le poids moyen de fruits présentait une singularité suffisante pour être détectée par le programme de critique dans LOTUS et un code adéquat permettait d'éliminer ensuite cette plante de l'analyse.

Le problème des inondations a été circonscrit de la manière suivante :

- à chacune d'elles on a repéré son étendue approximative ;
- dans la parcelle touchée on a fait l'analyse des données en considérant tout d'abord leur ensemble puis ensuite seulement les parties non inondées.

Les résultats ont montrés que, pour les mesures biologiques, l'incidence des inondations n'était pas déterminante.

Au niveau de l'utilisation de SISBIO même, celui-ci s'est montré un système sûr, pratique d'emploi même pour des utilisateurs n'ayant aucune notion d'informatique. Le système dans son ensemble s'est révélé très souple et a permis, avec un minimum de travail, de récupérer des données qui, autrement, seraient restées problématiques. On peut donc globalement s'estimer satisfait. Deux points cependant, dans l'utilisation de LOTUS, méritent réflexion :

- la mise au point des programmes sous LOTUS, même simples, exige beaucoup de temps et d'attention ;
- le temps de traitement est considérable, et on peut se demander s'il ne faudrait pas réduire l'utilisation de ce logiciel.

## CONCLUSION

Cette conclusion est double car on y sépare les deux phases du traitement informatique soit la gestion des données brutes et le traitement des données qui en sont issues.

SISBIO s'est révélé un outil précieux, notamment par le côté complet de sa gestion des données. Ainsi, au cours d'une même journée, il permet d'imprimer les feuilles de collecte, et, une fois le travail effectué, d'informatiser les données et

de les vérifier. Ce travail, en temps presque réel, simplifie la gestion des dates de collecte et permet, quand il en est encore temps, de détecter les erreurs de manipulation. SISBIO s'est révélé également un système très sûr, tant au niveau des fichiers créés que de l'informatisation et de l'utilisation des données. Enfin sa souplesse d'utilisation lui permet à volonté de supprimer des fichiers de sortie les données correspondant à certaines plantes, à certains blocs ou même à une partie quelconque de la parcelle. Ceci a d'ailleurs eu une application dans l'essai analysé : une inondation inopportune ayant affecté une partie d'une parcelle d'essai, on a pu en mesurer l'effet ou plus exactement l'absence d'incidence réelle. Une insuffisance notoire est cependant à déplorer : son manque de souplesse au niveau de la définition du protocole de travail. SISBIO a été créé pour faciliter un travail déterminé. Certes, par un paramétrage judicieux, on peut à peu de frais modifier le système et l'adapter à une autre expérimentation pourvu qu'il s'agisse de plantes poussant en ligne. Cette tâche cependant ne peut être effectuée sans modifier le "source" du système. SISBIO n'est donc pas un produit "exportable".

L'importation sous LOTUS des fichiers de sortie de SISBIO permet d'achever le traitement des données et d'obtenir des graphiques très clairs directement utilisables dans des rapports ou publications. L'utilisation de programmes écrits sous LOTUS et ensuite testés, a éliminé toute erreur de traitement et permis d'homogénéiser les documents de sortie. Cette utilisation de LOTUS a également permis de mieux cerner les limites de ce type de logiciel. Tout d'abord le traitement est lent (jusque 45 minutes si on utilise le programme d'importation avec toutes les données relatives à une expérimentation). Ensuite l'écriture, la correction et la modification des programmes sous LOTUS s'est avérée particulièrement malaisée. Un programme de plus de 100 instructions devient très vite inextricable alors que des programmes 10 fois plus performants écrits en PASCAL ne présentent aucun problème de cet ordre. En fait LOTUS n'apparaît pas avoir été vraiment conçu pour ce type de travail, le problème du zéro donnée nulle ou donnée absente en est un exemple, et on peut se demander si son utilisation s'impose quand on dispose d'un langage informatique puissant tel que le PASCAL ou le BASIC. C'est pourquoi, pour le futur, les traitements effectués actuellement sous LOTUS dans les programmes d'importation, le seront à l'aide de programmes extérieurs écrits en PASCAL et non intégrés à SISBIO. L'importation des données sous LOTUS se fera lors de la toute dernière phase du traitement, celle de la représentation graphique, pour laquelle ce logiciel reste difficilement remplaçable.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- CARDON, D. A.; SECHET, P.; DINIZ, T. D. de A. S. & MALTEZ, M. G. M. - 1987 - SISCLIMA : capitalisation de données agroclimatiques au Brésil. Hydrol. Continent., vol 2, N° 1, :3-14.
- CARDON, D. A. - 1988 - Mesures biologiques sur maïs - mise au point de la méthodologie - Rapport multigraphié, 10p. 6 fig. janvier 1988
- CARDON, D. A. - 1989 - Essai de saison des pluies - Mesures biologiques. Rapport multigraphié, 29p. avril 1989.
- CARDON, D. A. - 1989 - SISOND : Une conception de l'informatique au service de l'utilisateur. à paraître dans le 3ème Séminaire Informatique de l'ORSTOM, Séminfor 3. Septembre 1989.
- MORRET J. & TOGOLA, D. - 1985 - Effet et arrière effet de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs. In : Les besoins en eau des cultures. Conférence internationale, Paris, 11 - 14 sept. 1984. INRA, Paris, 1985 :352-359.