

2. PRESENTATION DU LOGICIEL INFOGRAPHIQUE FORBAN, par Paul FAURE

HISTORIQUE

Un des objectifs majeurs de l'UR 1D «Géodynamique de la Surface» est la réalisation de synthèses régionales en élaborant des cartes thématiques.

Une somme d'informations considérable est présente, mais le plus souvent masquée, sur des documents de base déjà édités. L'informatique permet d'extraire et d'exprimer cette information recherchée, à partir des inventaires régionaux, sous forme de documents thématiques dérivés.

Les responsables du Département TOA et de l'UR 1D ont donné en 1985 une suite favorable à ce projet, en finançant l'acquisition d'un équipement léger et autonome de traitement de l'information graphique. Il se compose de micro-ordinateurs classiques compatibles PC, d'un digitaliseur BENSON pour la saisie et d'un traceur BENSON pour les tracés. Le coût de l'opération a été ainsi limité à un montant de 400 000 F.

MISE EN OEUVRE DU SYSTEME

Après étude des logiciels opérationnels ou en développement à l'intérieur et à l'extérieur de l'ORSTOM, il est apparu qu'aucun d'entre eux ne pouvait être implanté et tourner sur l'équipement mis à disposition. A l'extérieur, le système SASGRAPH, opérationnel au CIRCE sur de beaucoup plus grosses machines, a défini les normes de compatibilité de fichiers adoptées. A l'ORSTOM, un logiciel d'Infographie destiné à la constitution de bases de données géographiques (TIGRE) était en cours de développement sur mini-ordinateur (MINISIX), et donc non portable sur micro-ordinateur.

Il a été décidé alors de développer un logiciel spécifique reprenant les principes de base et la compatibilité du système SASGRAPH, tout en utilisant un langage de programmation simple et cohérent avec le matériel fourni et son système d'exploitation.

Le logiciel FORBAN a été ainsi développé intégralement au sein de l'Unité de Traitement Graphique des Données Pédologiques par un pédologue thématique de l'UR 1D assisté par un informaticien extérieur à l'ORSTOM, rémunéré à la prestation sur le budget de l'UR, du fait de l'impossibilité de s'adjoindre la collaboration d'un informaticien de l'Institut.

Le logiciel ainsi élaboré exploite de façon optimale les possibilités du matériel mis en place tout en fournissant la totalité des services attendus par les utilisateurs:

- forme conversationnelle optimale

- hiérarchisation de l'information saisie compatible SAS

- possibilité de traitement multithématique de l'information de base

- restitution immédiate et simple de l'information saisie et traitée, à différentes échelles et sous des formes variées.

Le système est opérationnel depuis le second semestre 1986. Son fonctionnement est assuré par une technicienne pour la préparation des documents de base et leur saisie. Du fait de la clarté de ses commandes il est en libre-service pour le traitement et la restitution des documents thématiques par les utilisateurs.

En 1987 une nouvelle unité centrale (micro-ordinateur de type AT plus rapide et plus performant) a été acquise qui a nécessité une adaptation complémentaire du logiciel FORBAN, augmentant les possibilités de l'Unité: actuellement les postes de saisie et de traitement-restitution sont séparés et opérationnels simultanément.

PRODUITS OBTENUS

De nombreux documents à différentes échelles, se rapportant à plusieurs programmes scientifiques de l'UR 1D et d'autres UR ont été traités depuis 1986:

- cartes pédologiques,

- cartes de formations superficielles,

- cartes géoclimatiques,

se rapportant à plusieurs régions de l'Afrique Intertropicale et à de plus vastes zones du globe.

De nombreuses cartes thématiques ont été ainsi dressées qui ont permis de mettre en évidence la répartition spatiale de tels ou tels thèmes et leurs relations avec l'environnement:

- extension et évolution des couvertures latéritiques

- relations roche-mères, matériaux originels, différenciation des sols

- répartition des sols bruns en fonction des couvertures dunaires anciennes en milieu soudano-sahélien

- distribution d'encroûtements calcaires

- zonalité climats-végétation.

- inventaire et répartition des couvertures volcaniques récentes et accumulations humifères en région volcanique tropicale

Les objectifs qui ont conduit à la création et à l'équipement de l'Unité Traitement Graphique des Données Pédologiques ont été ainsi atteints. Celle-ci dispose grâce au système FORBAN d'un outil infographique performant, de coût limité, simple d'utilisation et compatible avec la majorité du matériel informatique courant, et qui remplit tota-

lement les besoins définis par ses utilisateurs: l'élaboration de documents cartographiques thématiques pour exploitation dans le cadre de programmes scientifiques. Il s'adresse enfin à toutes les disciplines qui pratiquent la cartographie, en particulier les Sciences de la Terre.

PRESENTATION DU SYSTEME F O R B A N

Une note descriptive détaillée, communiquée dans le cadre de SEMINFOR 1 (1987), et remise à jour, est jointe en annexe. Elle explicite la plupart des points de présentation cités dans la circulaire ACMIS. Par souci d'homogénéité avec les autres présentations, le schéma proposé est repris ci-dessous.

2.1. Les terminologies

Elles concernent les termes liés aux documents cartographiques, de base et thématique, et ceux liés aux méthodes de traitement infographique.

a) Les termes cartographiques :

- *Carte de base* : document de base, carte et légende, saisi et traité par le système.
- *Carte thématique* : document cartographique, carte et légende, restitué après traitement de l'information de base par le système.
- *Information thématique de base* : c'est le contenu sémantique global du périmètre couvert par la carte de base (exemple: contenu-sol), hiérarchisé sous forme des unités cartographiques de la légende.
- *Information géographique de base* : c'est la localisation sur la carte de base des unités identifiables et différenciables du contenu sémantique de base, qui se traduit par le zonage du périmètre couvert.
- *Information thématique dérivée* : ensemble de caractères, ou thèmes, qui permettent de qualifier, pour chaque unité cartographique de la légende, la nature de son contenu sémantique.
- *Unités cartographiques* : unités sémantiques élémentaires différenciées et individualisées au sein de la légende d'une carte.
- *Zones cartographiques* : découpage élémentaire d'une carte dont le contenu est une unité cartographique unique.
- *Inclusion* : zone cartographique dont le périmètre est totalement englobé à l'intérieur du périmètre d'une autre zone cartographique.
- *Arcs* : éléments linéaires du périmètre délimitant une zone cartographique par rapport à sa voisine; un arc est le plus souvent commun à deux zones, puisqu'il marque la frontière entre elles, sauf en bordure de carte.
- *Noeuds* : points de jonction de deux ou plusieurs arcs.

b) Les termes infographiques :

- *Saisie* : introduction, au clavier de l'ordinateur, par digitalisation..., de données dans un fichier informatique référencé d'une base de donnée.
- *Digitalisation* : saisie sur table à numériser (digitaliseur), ou par autres moyens, des coordonnées X Y de points constitutifs d'un arc, de noeuds, de centres de libellés...
- *Identifiant* : c'est chacune des unités cartographiques de la légende d'une carte de base qui permettent d'identifier le contenu sémantique de chacune de ses zones cartographiques. Il y a autant d'identifiants que d'unités de la légende et chaque zone cartographique est caractérisée par un seul identifiant.
- *Libellés* : chaîne de caractères (phrase, groupe de lettres et/ou de chiffres) saisie et destinée à être restituée lors du tracé des documents thématiques après traitement.
- *Attributs* : caractères des identifiants, extraits de l'information thématique dérivée, qui permettent de préciser pour chacun d'entre eux telles ou telles de leurs caractéristiques (exemple: texture, profondeur... du contenu-sols).
- *Valeurs* : elles sont prises par chacun des attributs qui caractérisent les identifiants (exemple: attribut: texture, valeurs: argileuse, sableuse...).
- *Requête* : interrogation de la base de données pour en extraire tels ou tels thèmes de l'information thématique dérivée saisie précédemment.
- *Classes* : ensemble d'un ou plusieurs attributs et d'une ou plusieurs valeurs correspondantes qui qualifient le ou les thèmes sélectionnés lors de la requête.
- *Constitution des classes* : traitement informatique qui permet d'inventorier les différents identifiants, et les différentes zones cartographiques de base qu'ils caractérisent, selon les thèmes, attributs et valeurs, sélectionnés lors de la requête, et de les regrouper par classes.
- *Réorganisation des contours* : création des nouvelles zones cartographiques de la nouvelle carte thématique, par suppression ou maintien d'arcs de zones contiguës de la carte de base, selon que leur identifiant appartient ou non à une même classe de la requête.
- *Image thématique* : ensemble de l'information géographique, nouveaux contours, et de l'information thématique, classes, permettant la restitution de la carte thématique et de sa légende.
- *Fichier image* : fichier informatique qui contient la totalité de l'information nécessaire pour la restitution, vidéo ou traceur, sans traitement, d'une image thématique.
- *Restitution* : visualisation sur écran vidéo, ou par tracé sur traceur, de documents cartographiques traités.
- *Fenestrage* : restitution d'une partie sélectionnée, délimitée géographiquement, d'un document cartographique.

- *Paramètres de dessin* : ensemble de paramètres, laissés au choix de l'utilisateur, à saisir pour la restitution graphique d'un document cartographique: échelle, fenestration, couleurs des contours et des remplissages de zones, nature et caractères des libellés...

- *Habillage* : ensemble de tracés complémentaires qui permettent la restitution de cadres, de coordonnées, de libellés divers, adaptés automatiquement, simultanément à la restitution de la carte thématique et de sa légende.

2.2. Les méthodes

L'objectif du système FORBAN est d'établir et de restituer des documents cartographiques thématiques à partir d'une information de base existante et prélevée sur une carte. C'est cette information qui figure sous une forme géographique de contours (arcs) et de «contenant» (zones) et sous une forme thématique globale de «contenu», d'unités cartographiques, d'attributs et de valeurs, qui alimente les différents fichiers de la base de donnée, et qui est traitée par le système.

Celui-ci extrait donc et restitue sous une forme plus explicite et détaillée une information qui a été initialement collectée sur le terrain et retranscrite sur la carte de base par son auteur. Ce type de traitement s'applique particulièrement bien aux données autant qualitatives que quantitatives, fréquentes dans de nombreuses disciplines des Sciences de la Terre.

a) Le découpage de l'espace :

C'est celui de l'auteur de la carte de base. Le système n'élabore pas à proprement-parler de nouveau découpage; il restructure celui du document d'origine en fonction de l'analyse thématique correspondant à la requête.

b) Les objets manipulés:

Ce sont des objets de nature géométrique: l'ensemble du découpage de la carte de base, et des objets de nature thématique: l'ensemble de l'information thématique.

Les objets géométriques sont saisis après avoir été référencés sur le document de base à traiter. Les arcs et les noeuds sont saisis point par point au digitaliseur. Les zones sont saisies au clavier, avec l'inventaire des arcs qui constitue leurs périmètres. Les objets thématiques sont saisis au clavier après avoir été inventoriés sur la carte et la légende du document de base.

Sont ainsi créés les fichiers recensant les identifiants, les attributs et les différentes valeurs, les relations zones/identifiants et identifiants/attributs/valeurs.

c) Le légendage:

Il est totalement modulable. A côté du caisson représentant le figuré (couleur, hachurage) adopté par l'utilisateur pour une unité donnée de la légende de la carte thématique (une classe), figurent la superficie et le pourcentage par rapport à la surface totale du périmètre, et un libellé saisi au clavier qui qualifie cette classe.

La légende fait aussi apparaître l'échelle, numérique et linéaire, de la carte, sa surface totale, son titre, le titre de la requête... Elle peut être positionnée à n'importe quel endroit tout autour du périmètre de la carte par sélection au clavier des coordonnées de son origine.

2.3. Les traitements

Ils consistent à structurer, analyser et remanier l'information de base pour en restituer la partie souhaitée (thèmes) sous forme d'un document cartographique thématique complet et documenté.

a) Les saisies :

Du fait de l'extrême même convivialité, volontairement développée, du système, toutes les saisies sont effectuées par une technicienne sans qualification informatique particulière, qui a été totalement opérationnelle après quelques jours de formation. Ces saisies demandent du soin, tant sur la table à numériser pour la digitalisation des arcs et des noeuds qu'au clavier pour la saisie en clair des zones, identifiants, attributs et valeurs. La précision des saisies graphiques est celle du digitaliseur BENSON utilisé: 1/10 mm pour les coordonnées XY des points saisis. Les saisies sont à tout moment modifiables ou complétables, au fur et à mesure de l'acquisition des données, ou ultérieurement. Elles sont immédiatement listables sur écran ou sur imprimante avec possibilité d'entrées multiples pour les listes relationnelles (arcs/noeuds, zones/arcs, zones/identifiants...).

b) Les traitements de base :

Ce sont ceux qui constituent, à partir de l'information de base saisie, l'image thématique qui contient toute les éléments nécessaires pour la restitution de la nouvelle carte thématique: nouveaux contours des nouvelles zones, nouvelles unités cartographiques (classes), nouvelle légende. Après la requête qui consiste à interroger la base de données pour en sélectionner le ou les thèmes, subdivisés en classes, que l'on veut voir figurer sur le document thématique, les traitements sont effectués en deux grandes étapes:

- Au cours de la constitution des classes, le logiciel prend en compte, classe par classe, les attributs et valeurs sélectionnés au cours de la requête. Il

détermine et regroupe ensuite les identifiants concernés par les classes. Il détermine enfin les zones correspondant à ces identifiants possédant les critères caractérisant chacune des classes. A l'issue de cet ensemble d'opérations, une nouvelle information thématique, restructurée, est dégagée qui, pour chaque classe, explicite leurs sous-ensembles d'identifiants et de zones, et qui peut être listée.

- L'étape suivante concerne la réorganisation des contours qui consiste à créer le nouveau découpage, nouvelles zones et leurs nouveaux contours, de la future carte thématique, à partir d'arcs sélectionnés de la carte de base. Le logiciel opère par cheminement le long des arcs de base, en les supprimant ou en les maintenant selon qu'ils sont frontaliers à deux zones appartenant ou non à une même classe de la requête. Il reconstitue alors de proche en proche le contour des nouvelles zones de la carte thématique, les inventorie avec leurs arcs constitutifs et affecte les zones à leurs classes correspondantes.

A l'issue de ces deux étapes de traitements, on dispose de l'ensemble de l'information qui constitue l'image thématique, nouvelle information géographique: nouvelles zones cartographiques, et nouvelles unités cartographiques: classes, en fichiers stockables et disponibles pour l'établissement de la carte thématique et de sa légende sous les différentes formes souhaitées par les utilisateurs.

c) Les traitements complémentaires :

Ils concernent certaines opérations qui fournissent des résultats nécessaires ou non au bon déroulement des traitements de base. Les calculs de surface fournissent la superficie par zone, par identifiant, par classe, ainsi que les différents pourcentages par rapport à la surface totale. Ils fournissent aussi les coordonnées en X et Y des extrema du périmètre de chaque zone, données indispensables pour la recherche des inclusions et le remplissage des zones par hachurage lors du tracé des cartes thématiques, sur écran vidéo ou sur traceur. Ces calculs sont effectués sur les documents de base et les documents thématiques, avec la précision correspondant à celle des saisies graphiques, soit 1/100 mm² de carte. Les superficies-terrain sont exprimées, par transformation de la surface calculée, en m², ha ou km² selon l'échelle du document traité.

La recherche des inclusions s'effectue en chaîne avec chaque calcul de surface. Elle est indispensable pour l'évaluation de la superficie des zones emboîtées et les opérations ultérieures de remplissage de zones au moment des tracés. Elle s'effectue également sur les cartes de base et les cartes thématiques.

d) Les traitements optionnels :

Ils interviennent dans la réalisation de certains

types de documents cartographiques et pour la vérification des saisies ou le contrôle de traitements.

La détermination du périmètre du document de base s'effectue par recherche des arcs n'appartenant qu'à une seule zone, arcs qui sont donc en bordure du périmètre de la carte de base. Le périmètre global obtenu est utilisé pour les cartes à restitutions partielles où ne figurent qu'un identifiant ou qu'une classe.

Les listages interviennent sur tous les fichiers de données alimentés par le système: fichiers de saisies et fichiers de données résultant de traitements. Ils sont très utilisés pour les vérifications et la visualisation des résultats des différentes étapes de traitement: surfaces, regroupement de zones, arcs constitutifs, inclusions, classes..., ainsi que pour la visualisation des paramètres optionnels de restitution sur traceur.

Le regroupement des saisies réalisées sur plusieurs cartes de base contiguës permet la création de fichiers uniques pour l'ensemble de ces cartes. Ils autorisent ainsi le traitement et la restitution de cartes thématiques synthétiques constituées à partir de plusieurs documents de base.

e) Les restitutions et les stockages :

Les traitements de restitution permettent la visualisation des documents thématiques créés par les traitements de base, complémentaires et optionnels. Cette visualisation se fait sur écran vidéo et par tracé de la carte et de sa légende sur traceur grand format. Pour chacune d'entre elles des traitements optionnels sont offerts aux utilisateurs au niveau des différents menus de restitution:

- changement d'échelle
- déplacement d'origine
- fenestrage
- paramètres de dessin : couleur des contours et des hachurages de remplissage de zones, espacement et inclinaison des hachures (de 1 à 100 1/10 de mm et de degré en degré de 0 à 360 degrés)
- habillage ou non du document cartographique lors du tracé sur traceur.

Du fait des méthodes de saisie et de traitements de base, tous ces tracés sont faits en mode vecteur, tant sur écran que sur traceur. Les principes de base restent les mêmes dans les deux cas: tracé de vecteurs entre points tant pour ce qui est des contours (points provenant de la digitalisation initiale) que des hachures (points calculés sur les contours des zones).

-Les restitutions vidéo se font actuellement sur un écran type EGA, de résolution 640/350, avec palette de 16 couleurs. L'espacement des hachures horizontales, sélectionnable de 1/10 à 99/10 de mm, combiné à cette palette, permettent un grand nom-

bre de représentations graphiques des zones cartographiques.

- Les restitutions sur papier sont effectuées sur traceur BENSON série 16 format A0+ (125/90 cm). L'exactitude est analogue à la précision de la saisie: 1/10 de mm, mais dépend bien entendu de la qualité des supports, papiers et calques, et des diamètres des plumes.

Huit plumes de différentes couleurs et de différents types (encre, feutre, bille) sont simultanément utilisables qui, combinées avec la multitude des hachurages possibles (espacement, inclinaison), offrent une grande étendue de possibilités de représentations graphiques des zones cartographiques. Un habillage normalisé peut ou non accompagner le tracé de la carte thématique et de sa légende sur papier. Il trace automatiquement les cadres, titres de la carte et de la requête, légende, échelle de restitution (numérique et linéaire), libellés et superficie des classes, quadrillage des coordonnées géographiques.

Ces restitutions sur écran et sur traceur peuvent être effectuées en temps réel, au fur et à mesure des calculs du dessin, mais aussi en différé. Dans ce second cas, un fichier-image est créé, simultanément ou non à un premier tracé, référencé par un libellé, qui peut être stocké sur support magnétique (une centaine de koctets pour une image/vidéo et quelques centaines de koctets pour une image/traceur). Ce fichier-image peut ensuite donner lieu à restitution à grande vitesse d'autant d'exemplaires de la carte thématique que voulu, et archivé, constitue une cartothèque d'images thématiques.

Outre les fichiers de base résultant de saisies, ceux résultant de traitements, de base ou optionnels, de requêtes, sont stockables, modifiables et réutilisables à tout moment pour restituer les divers documents thématiques créés selon différents graphismes: le paramétrage de ceux-ci n'intervenant qu'au moment de la restitution proprement dite.

2.4. Obstacles et problèmes rencontrés sur le système

Ils concernent ceux liés au développement du logiciel et ceux liés à son exploitation sur le matériel, mais aussi les contraintes spécifiques à chacune des étapes de cette exploitation.

a) Obstacles et problèmes de développement du logiciel :

Après la décision, en 1985, de doter l'UR 1D de l'outil infographique à partir d'équipements cen-

trés autour d'un micro-ordinateur, l'examen de systèmes existants, tant à l'ORSTOM (logiciel TIGER), qu'à l'extérieur (système SASGRAPH) a montré que ceux-ci, tournant sur de beaucoup plus gros équipements (Minisix...), n'étaient pas adaptés, ni adaptables (taille de mémoire, système d'exploitation...) aux micro-ordinateurs de type PC.

On a donc été amené au développement d'un logiciel nouveau et adapté à ce type de machines, tout en étant complet et performant: le logiciel FORBAN. Pour ce faire, les ressortissants de l'UR, et plus particulièrement ceux chargés de la mise en exploitation du système (D. DUBROEUCCQ et P. FAURE), n'étant pas qualifiés pour le développement informatique, des collaborations internes à l'Institut ont été recherchées. Cette démarche n'a malheureusement pas abouti et il a fallu faire appel à un informaticien externe à l'ORSTOM. Ce dernier (C. BENIZRI), conseil en informatique, a pu participer avec l'auteur de cette note, et selon l'analyse du produit attendu, au développement du système jusque dans sa configuration actuelle.

Ce développement, réalisé entre 1986 et 1988, a porté sur l'écriture et la mise en oeuvre d'une cinquantaine de modules adressables à partir d'un menu principal et de sous-menus, correspondant à chacune des étapes des différentes opérations à effectuer pour obtenir les cartes thématiques et les différents traitements pour les constituer et les restituer.

Ces modules concernent des sous-programmes communs de saisies, d'affichage des menus et de gestion de la couleur, des programmes de gestion de fichiers, des programmes de gestion de périphériques, des programmes de gestion de la mémoire, et des programmes spécifiques à chacun des traitements, de base, complémentaires, et optionnels, tels qu'ils ont été décrits précédemment.

Dans une première phase, cette application a été développée sous système MS.DOS en BASIC compilé, langage le plus fréquemment utilisé sur ce type de machines. Mais très rapidement les contraintes spécifiques: capacité de gestion de mémoire, de taille de fichier, de vitesse de traitement..., sont apparues qui ont amené à utiliser un éditeur-compileur plus performant (QUICK-BASIC), un utilitaire de gestion de fichiers (FABS+), et à développer des utilitaires en assembleur de définition et de gestion de segments-mémoire (7 segments de 64 Koctets) ainsi qu'à comprimer les enregistrements de données dans les fichiers et à réduire les nombres d'accès aux fichiers sur disque. A titre d'exemple, la saisie et le traitement d'une carte pédologique d'un degré-carré à 1/200 000 entraîne la création et la manipulation de fichiers points de taille supérieure à 1 Moctets, celle de fichiers arcs, zones, identifiants, libellés... de plusieurs centaines de Koctets chacun, soit un total

des fichiers saisis et données après traitement de 3 à 5 Moctets pour une de ces cartes de base, et plusieurs centaines de Koctets par requête de carte thématique créée.

b) Problèmes de matériel pour l'exploitation du logiciel :

Les périphériques BENSON, de saisie et de restitution graphiques, sont particulièrement bien adaptés à la technique infographique cartographique: taille des documents à digitaliser et à restituer (format A0+), précision des saisies et des tracés (1/10 mm). L'utilisation des premières versions de micro-ordinateurs PC (versions XT 8086) a montré leurs principales limitations sous MS.DOS: mémoire interne gérable et vitesses d'exécution limitées. Si ce type d'appareil convient encore aux opérations de saisie, pour les traitements et les restitutions, qui nécessitent une masse importante de calculs, les versions plus récentes et plus performantes de micro-ordinateurs sont devenues indispensables (PC AT, 80286 et au-dessus), du fait de la taille des fichiers à traiter. A titre d'exemple, une opération de requête sur une carte d'un degré-carré à 1/200 000 qui nécessitait 5 à 7 heures sur PC XT a été ramenée à 1 heure sur PC AT, avec mémoire étendue, grâce à son microprocesseur plus rapide et au nombre plus réduit d'accès au disque dur.

La taille des fichiers à stocker et la multiplicité des cartes de bases à traiter et de leurs requêtes ont rapidement amené à saturation les disques fixes de 10 et même 40 Moctets des unités centrales. Le stockage de ces fichiers sur disquettes de 360 Koctets et même 1,2 Moctets s'est révélé peu pratique et d'accès lent. On a du rapidement adjoindre aux mémoires de masse des unités centrales des unités de stockage externes avec cartouches de disques durs amovibles de 5 ou 20 Moctets, dont les temps d'accès sont semblables à ceux des disques fixes et qui permettent de les utiliser comme unités actives, évitant les opérations fastidieuses et parfois dangereuses de transferts de fichiers.

La qualité de visualisation sur écran des images thématiques créées est enfin liée à celui-ci. Effectuée à l'origine sur écran vidéo type CGA, on est très vite passé à un écran type EGA à plus haute résolution (640/350) et palette de couleurs plus étendue (16 couleurs). Des améliorations sont encore possibles par adaptation de cartes graphiques et d'écrans encore plus performants (VGA+), ce que le logiciel permet, puisque les caractéristiques d'écran sont paramétrables au niveau des utilitaires de restitution vidéo.

c) Les contraintes d'exploitation du logiciel :

Les opérations à réaliser pour traiter une carte afin d'en établir les documents thématiques extraits se

regroupent sur le plan pratique des manipulations en trois étapes: les saisies, les traitements, les restitutions.

Alors que les traitements et les restitutions se comptent en heures de machine, quelques heures pour chacun d'entre eux sur micro-ordinateur performant, les opérations de saisie, en particulier sur digitaliseur, sont beaucoup plus longues. Il faut compter généralement plus d'un mois à la technique de saisie, bien entraînée à cet ensemble d'opérations, pour saisir les différentes composantes l'information de base: points, noeuds, arcs, zones, identifiants, libellés..., d'une carte de base moyenne: un degré-carré à 1/200 000 représentant en moyenne 50 000 points, 3 500 arcs, 1 500 zones, autant de libellés, pour une cinquantaine d'identifiants. Cette différence de durée de réalisation de ces étapes a nécessité la création de deux postes de travail, sur unités centrales disjointes, pour pouvoir effectuer sans contrainte et simultanément des opérations de saisie sur la carte en cours et des opérations de traitements-restitution sur des cartes déjà saisies.

Aux contraintes liées aux temps de saisie, il faut ajouter celles liées au stockage des importants et nombreux fichiers créés. Les quelques 50 fichiers d'une carte ne peuvent, après sa saisie, résider en permanence sur le disque dur d'une unité de l'unité de traitement. Leur sauvegarde et leur conservation pour exploitation ultérieure, ainsi que l'archivage des images thématiques créées nécessite de disposer, à côté de l'unité centrale, d'unités de stockage à forte capacité, de préférence actives. C'est pourquoi il a été nécessaire de s'équiper de disques durs externes sous forme de cartouches extractibles, reconnaissables comme unités actives par le système, qui permettent les traitements à la même cadence que les disques durs fixes, et ne nécessitent pas, comme les streamers, le rapatriement des fichiers à traiter sur les disques fixes. Ce type de configuration permet en outre un archivage bien organisé et immédiatement disponible des séries très importantes de données de base et de résultats à stocker.

2.5. Etat d'avancement et perspectives

Ils concernent le système proprement-dit et les produits qu'il permet d'obtenir.

a) Contexte de mise en oeuvre du système :

Le système FORBAN est opérationnel dans la totalité de ses traitements de base et complémentaires

depuis fin 1987. Il a donné lieu depuis à plusieurs applications optionnelles et améliorations techniques telles qu'exprimées précédemment et citées dans la note jointe: regroupement de cartes, création et mise en mémoire de fichiers-imagés pour multi-restitution et stockage.... Les matériels sur lesquels il tourne ont été également améliorés: dédoublement d'unités centrales, amélioration de la restitution vidéo, adjonction d'unités de stockage externes...

FORBAN est implanté sur l'équipement infographique de l'Unité «Traitement Graphique des Données Pédologiques», dépendant de l'UR 1D, et regroupée aux autres Unités du Laboratoire des Formations Superficielles du Centre de Bondy.

Le coût d'acquisition des matériels, avoisinant les 400 KF. a été financé sur le budget d'équipement du Département TOA. La rémunération des prestations fournies par l'informaticien externe à l'Institut au fur et à mesure des besoins de développement et d'écriture des programmes, entre 1986 et 1989, se monte approximativement à 110 KF., financée par le budget de fonctionnement de l'UR 1D et répartie sur 4 exercices budgétaires.

b) Résultats obtenus :

Les programmes scientifiques impliqués dans l'exploitation du système FORBAN sont principalement ceux de l'UR 1D «Géodynamique de la Surface»: programmes GEOLAT «Géodynamique des formations latéritiques sur boucliers stables» et VOLCAL «Evolutions supergènes des matériaux d'origine volcanique» pour lesquels cet outil infographique a permis des études de différenciation et d'évolution des couvertures pédologiques, des études de facteurs et de déterminisme de la pédogénèse en relation avec les différentes composantes de l'environnement intertropical. Mais des traitements et des restitutions ont été réalisés pour des opérations à vocations plus appliquées intéressant plus spécifiquement d'autres UR: ressources en sols, caractéristiques agronomiques, analyse climatique de l'environnement... C'est ainsi que FORBAN a permis la création de nombreux documents thématiques utilisés par ces programmes de recherche.

Plusieurs dizaines de cartes thématiques faisant apparaître les différentes composantes de la pédogénèse (roche-mères, matériaux originels...), et des caractéristiques des couvertures pédologiques: héritages latéritiques anciens, typologiques, utilisation des sols, ont été dressées à différentes échelles en ce qui concerne les trois coupures de la Carte Pédologique à 1/50 000 de la KARA (Nord-Est-Togo). Elles ont permis de mettre en évidence le déterminisme de la différenciation des sols à partir d'un manteau latéritique ancien

sous l'influence de l'évolution du modelé et de croiser l'information recueillie avec la signature spectrale satellitaire des différentes formations cuirassées et gravillonaires résiduelles.

La Carte Pédologique à 1/200000 de NKAMBE (Nord-Ouest-Cameroun) a également été saisie et traitée sur le système infographique de l'Unité. Outre les différents facteurs de différenciation des sols de cette région à passé volcanique complexe, les nombreuses cartes thématiques extraites ont permis de mettre en évidence l'importance et la répartition des apports volcaniques fins récents dans cette région où se situe le lac de Nyos, dont l'activité s'est récemment manifestée, et les relations entre teneurs et caractéristiques de la matière organique et conditions micro-climatiques et altitudinales locales.

Au Brésil, la saisie et le traitement de la Carte à 1/500 000 du RIO NEGRO, dressée à partir de l'analyse de l'imagerie Landsat de cette région peu accessible, a permis de détailler les pédogénèses successives, ferrallitiques gibbsitiques, puis podzoliques, et de les relier aux grandes surfaces structurales particulièrement bien mises en évidence par cet ensemble d'approches méthodologiques complémentaires.

Au Sénégal, l'analyse thématique de la Carte Pédologique à 1/25000 de BARGNY-SEBIKOTANE a montré les étapes successives de la pédogénèse sur formations sédimentaires en relation avec les recouvrements sableux dunaires récents.

En Centrafrique, deux secteurs de la Carte des formations latéritiques à 1/50000 de DEMBIA-ZEMIO ont été saisis et traités. L'analyse thématique de ce périmètre a montré la répartition et les importances relatives des différentes formes de cuirassement et de leurs systèmes de transformation au sein du modelé.

Outre des documents ayant trait aux formations superficielles, différentes cartes à échelles continentale ou planétaire ont été saisies et traitées avec pour résultat l'établissement de nombreux documents visualisant des thématiques climatiques et de végétation.

c) Perspectives :

Depuis la création du système, la diffusion de ses réalisations cartographiques thématiques auprès de partenaires étrangers avec lesquels l'ORSTOM effectue des travaux en coopération a amené plusieurs de ceux-ci à prendre contact avec l'Unité et à la visiter pour envisager l'implantation et l'exploitation du logiciel FORBAN sur des sites propres à ces partenaires.

Parmi ceux-ci on peut citer:

-la Direction des Sols du Ministère de l'Agriculture

de Tunisie, où travaillent des ressortissants du Département MAA,

-l'Université Autonome Métropolitaine de México où travaillent des ressortissants du Département SDU.

Des protocoles de transfert de la technologie infographique développée par l'Unité sont en cours de discussion dans ces deux cas, avec échanges de personnels pour implantation et formation.

Le système FORBAN permet le regroupement de plusieurs documents cartographiques à différentes échelles et leur traitement thématique global. Plusieurs territoires de l'Afrique de l'Ouest qui ont donné lieu à une couverture cartographique pédologique complète à moyenne échelle seront ainsi traités dans le but de dresser des documents cartographiques de synthèse à petite échelle.

Dans un premier temps, à moyen terme, en ce qui concerne le Togo, à la suite de la saisie et de l'exploitation des 3 coupures à 1/50000 de la Kara, ceux des 3 cartes à 1/200000 du socle granito-gneissique centre-sud, des 2 cartes à 1/100000 de la région de Bassar, et de la carte à 1/200000 du nord-Dapaon, permettront de réaliser une synthèse à 1/500000 et d'éditer les nombreux documents thématiques à petite échelle que souhaite le Togo sur la totalité de son territoire.

Plusieurs opérations faisant intervenir les techniques infographiques en matière de cartographie thématique en Sciences de la Terre sont programmées à plus longue échéance:

- Synthèse à petite échelle du Bénin par saisie, regroupement et traitement global des 8 cartes pédologiques qui couvrent ce pays à 1/200000.
- Analyse cartographique thématique des formations latéritiques du Centre-Sud-Cameroun forestier après les travaux de levé sur imagerie satellitaire et radar en cours.
- Synthèse pédologique dans le cadre du programme de Convention CEE avec la République Populaire de Chine.

2.6. Rapports à la thématique

Le système FORBAN a été développé à l'initiative d'une UR (1D), et d'un département (TOA), dont les programmes de recherche sont essentiellement liés aux formations superficielles du globe terrestre et plus généralement à son environnement physique.

L'objectif de ce développement a donc été de doter d'un outil qui permette de mettre en évidence et d'analyser les thèmes qui se rapportent à ces

programmes, et dont l'inventaire et la caractérisation sur le terrain a donné lieu à l'établissement de documents cartographiques de base.

Cet outil infographique, tel qu'il a été développé, permet ainsi l'extraction de ces thèmes à partir de l'information globale figurant sur ces cartes, l'analyse de leur répartition spatiale à l'aide des cartes mono et/ou pluri-thématiques qu'il crée, et la mise en évidence des caractères de ces thèmes et de leurs relations entre eux et avec d'autres composantes de l'environnement: modelé, hydrographie, géologie...

Le mode de développement de FORBAN permet ainsi l'analyse thématique de toute information géographique figurant, de façon cartographique globale, sous forme de zones cartographiques et de contenu de chacune de ces zones. Les thèmes qui peuvent être abordés et traités sont de ce fait tout ceux qui se rapportent aux ensembles naturels dont la représentation cartographique s'exprime de cette façon: principalement sols, formations géologiques, formes de modelé, mais aussi végétation, climats, et d'une manière générale tout ensemble d'objets ou de concepts qui couvrent d'une façon globale un périmètre géographique donné et peuvent ainsi être représentés cartographiquement de façon continue au sein de l'espace considéré.

Cet outil est donc bien adapté aux thèmes d'observation de la terre, mais son développement n'a pas été entrepris dans l'optique de certains des thèmes des disciplines sociales. Dans celles-ci en effet, une grande partie des données de base recueillies, même exprimées sous forme cartographique, le sont souvent de façon plus quantitative, plus ponctuelle ou localisée, discontinue et ne couvrant pas forcément de façon globale un périmètre géographique donné.

En résumé, FORBAN permet l'analyse cartographique de tout thème dont la représentation cartographique de base est réalisée selon la procédure d'une expression continue et globale au sein de l'espace géographique considéré.

Il ne s'adresse pas à tel ou tel thème considéré sur un plan disciplinaire, mais ses modalités d'exploitation le réservent, dans l'état actuel de son développement, aux thèmes dont les caractéristiques et les modalités de collecte de l'information de base permettent ce type d'expression cartographique.

2.7. Bibliographie et références

Le logiciel FORBAN reprend une partie des concepts de base, d'analyse de l'espace et de terminologies cartographiques, du système SAS.

Son développement a cependant été réalisé de façon originale par ses auteurs qui ne se sont appuyés que sur les documentations des systèmes informatiques et utilitaires de base (MS-DOS, QUICKBASIC-3, FABS+ ...), utilisés.

Il a donné lieu au cours de son développement et depuis sa mise en exploitation à plusieurs publications, articles ou communications:

COLLECTIF, 1986 :

Traitement de données localisées - L'Infographie à l'ORSTOM. Collection Colloques et Séminaires - Editions de l'ORSTOM - Paris. 304 p.

FAURE P., 1986 :

Apport des techniques infographiques à la cartographie pédologique thématique. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., Vol. XXII n°3, pp.429-436

FAURE P., BENIZRI C., 1988 - FORBAN :

Un logiciel infographique de cartographie thématique développé et portable sur micro-ordinateur compatible PC. SEMINFOR 1 - Premier Séminaire Informatique ORSTOM, 6-8/10/1987 - Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris. pp. 299-320.

FAURE P., 1989 :

Cartographie pédologique thématique assistée par ordinateur: le Logiciel FORBAN. Sciences du Sol, Vol. 27 (1), AFES, Paris. pp. 81-84.

CONCLUSION

Le développement de systèmes infographiques de cartographie assistée par ordinateur, tel le logiciel FORBAN, constitue un grand progrès dans l'établissement de documents thématiques, en particulier en Sciences de la Terre où ce type de cartes est très fréquemment utilisé et doit être souvent élaboré au cas par cas selon les besoins des utilisateurs dans des domaines très variés. On peut ainsi rapidement dresser, outre les cartes classiques se rapportant aux ressources naturelles: ressources en sols, ressources géologiques, ressources végétales, zones climatiques..., des documents faisant apparaître telles ou telles composantes de l'environnement naturel, intéressant de nombreuses disciplines scientifiques, qui leur permettent ainsi de mieux analyser la répartition de ces thèmes dans un périmètre géographique donné et conduisent à une meilleure compréhension des mécanismes et déterminismes de leur différenciation spatiale.

FORBAN permet donc, dans un environnement informatique peu onéreux et facilement exploitable du fait de la simplicité de ses commandes, de créer et de gérer de véritables bases de données géographiques dont l'information est en permanence accessible pour en extraire, grâce aux requêtes adaptables à chaque cas, l'information thématique demandée, et l'illustrer par un nouveau document cartographique complet et documenté, stockable au sein d'une véritable cartothèque informatique, et restituable sous autant de formes et autant de fois que voulu.

3.

FORBAN, UN LOGICIEL INFOGRAPHIQUE DE CARTOGRAPHIE THEMATIQUE DEVELOPPE ET PORTABLE SUR MICRO-ORDINATEUR COMPATIBLE PC, par Paul FAURE et C. BENIZRI

L'inventaire et l'étude de la répartition spatiale des sols, de leurs caractéristiques, et des facteurs du milieu qui conditionnent leur différenciation, constituent une des activités majeures des pédologues. Parallèlement à l'établissement de cartes pédologiques sensu-stricto, il apparaît de plus en plus nécessaire, pour visualiser les différentes constituantes de l'information contenue sur un document cartographique de base, d'établir des documents cartographiques thématiques dérivés. L'infographie, domaine de l'informatique appliqué à la cartographie, permet de dresser ce type de document thématique.

L'Unité de Traitement Graphique des Données-Pédologiques de l'UR 1 D «Géodynamique de la Surface», Département TOA de l'ORSTOM, s'est

doté d'un équipement basé sur des micro-ordinateurs, un digitaliseur et un traceur, et a développé une application complète et compatible: le logiciel FORBAN.

3.1. Objectifs du développement et de l'utilisation de Forban

Tout document cartographique fait apparaître l'information qu'il retranscrit sous deux aspects complémentaires et indissociables :

- une information de nature thématique : c'est le