

**UTILISATION DES TECHNIQUES INFORMATIQUES
DANS L'ÉTABLISSEMENT DES DOCUMENTS THÉMATIQUES EN PÉDOLOGIE
Application au Secteur Est de la Feuille NKAMBE (Nord Ouest Cameroun)**

P. FAURE*

RESUME

Dans le cadre du programme d'inventaire et de cartographie pédologiques réguliers à 1/200 000 de l'Ouest-Cameroun, les travaux de levé de terrain du secteur est de la feuille NKAMBE ont été réalisés entre 1982 et 1984. Puis a été dressée consécutivement la carte pédologique de ce secteur à forte hétérogénéité due aux particularités du milieu :

- matériaux parentaux très diversifiés : volcaniques et socle
- modelé très disséqué et relief accidenté
- climat tropical d'altitude, variable à courte distance.

Près de 700 profils étudiés ont permis une définition détaillée et un inventaire précis de 29 unités taxonomiques (CPCS), de sols essentiellement ferrallitiques, au niveau du sous-groupe, avec caractérisation complémentaire de familles (matériaux parentaux) et de faciès, selon des critères particulièrement utiles pour l'établissement de documents thématiques : profondeur du sol jusqu'à l'horizon d'altération, présence et position des éléments grossiers, appauvrissement en éléments fins, accumulation humifère.

De nombreux itinéraires parcourus et une photointerprétation détaillée à 1/50 000 ont permis de délimiter près de 450 zones sur la carte, caractérisées par une unité cartographique, le plus souvent complexe, constituée d'une unité taxonomique principale et d'une unité taxonomique associée. 80 unités cartographiques ont ainsi été définies et localisées au sein des zones de la carte, avec toute leur information de faciès et de famille directement exploitable pour l'établissement de documents thématiques.

La récente mise au point par F. PELLETIER et M. SOURIS à l'ORSTOM d'un logiciel de traitement de données géographiquement localisées (Infographie) a permis de stocker et de traiter la totalité de l'information contenue au niveau de la carte pédologique Est-NKAMBE et de dresser de façon automatique assistée par ordinateur des documents thématiques, définissables à la demande, à partir de cette information, recueillie dès le terrain.

* ORSTOM - 70-74, Route d'Aulnay 93140 BONDY - FRANCE

Les différentes étapes de la saisie par l'ordinateur de l'information de base sont détaillées. Des exemples sont ensuite donnés de documents thématiques réalisables.

En conclusion sont énumérées les possibilités de nature graphique qui sont en outre offertes par la restitution assistée par ordinateur : changement d'échelle, extraction de fenêtres, calculs de superficie, expression graphique des figurés... et sont évoqués les avantages matériels : gain de temps, flexibilité... qu'apporte l'infographie dans la fourniture de documents thématiques à la demande spécifique des divers utilisateurs.

INTRODUCTION

La poursuite de l'inventaire et de la cartographie réguliers des sols de la partie occidentale du Territoire Camerounais a amené en 1982 des pédologues de l'IRA, de la FAO et de l'ORSIUM, en service à l'IRA, à entamer, après la feuille BAFOUSSAM, le levé systématique à 1/200 000 de la feuille NKAMBE. Les travaux de terrain, réalisés entre 1982 et 1984 sur la partie est de cette feuille, ont été consécutivement exploités pour dresser la carte pédologique de ce périmètre. Le document établi fait ressortir la complexité de son contenu pédologique, due aux particularités et à l'hétérogénéité du milieu naturel de la région couverte : formations géologiques très diversifiées, volcaniques et socle, modelé très disséqué et relief très accidenté, climat d'altitude variable, à courte distance. Mais ce document fait état également de la richesse de l'information, tant de nature typologique que thématique, qu'il a été possible de préciser et de localiser géographiquement du fait de l'abondance des observations de terrain.

L'établissement de documents thématiques par exploitation de l'information contenue dans le document pédologique de base a ensuite été abordée. Il a été grandement facilité par le détail du contenu et de la localisation de cette information et par l'utilisation d'un logiciel infographique de traitement de données géographiquement localisées par ordinateur, en cours de développement à l'ORSIUM par F. PELLETIER et M. SOURIS (logiciel TIGER).

La présente communication retrace les différentes étapes de la collecte et de l'exploitation de l'information pédologique, recueillie dès le terrain, jusqu'à l'édition de divers documents thématiques, en trois parties :

- les conditions de réalisation de la carte pédologique de base
- la saisie informatique des contenus géographique et pédologique du document de base
- le traitement de l'information stockée et l'édition des divers documents thématiques.

1 - REALISATION ET STRUCTURE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DE NKAMBE

La carte pédologique doit transcrire de façon la plus exhaustive possible, pour le périmètre couvert, l'information régionale sur les sols, qui se présente sous un double aspect :

- une caractérisation et une définition des individus-sols différenciables pour obtenir un inventaire du contenu pédologique qui permet d'élaborer une légende
- une délimitation des unités identifiables et différenciables de ce contenu-sol qui a pour résultat un zonage de la région couverte et qui permet de dresser le document cartographique.

Ces deux types d'information doivent être cohérents, sur le plan du détail et de la précision de leur définition, en fonction des deux impératifs majeurs : l'échelle utilisée et l'hétérogénéité-variabilité du milieu naturel couvert, en particulier sur le plan pédologique.

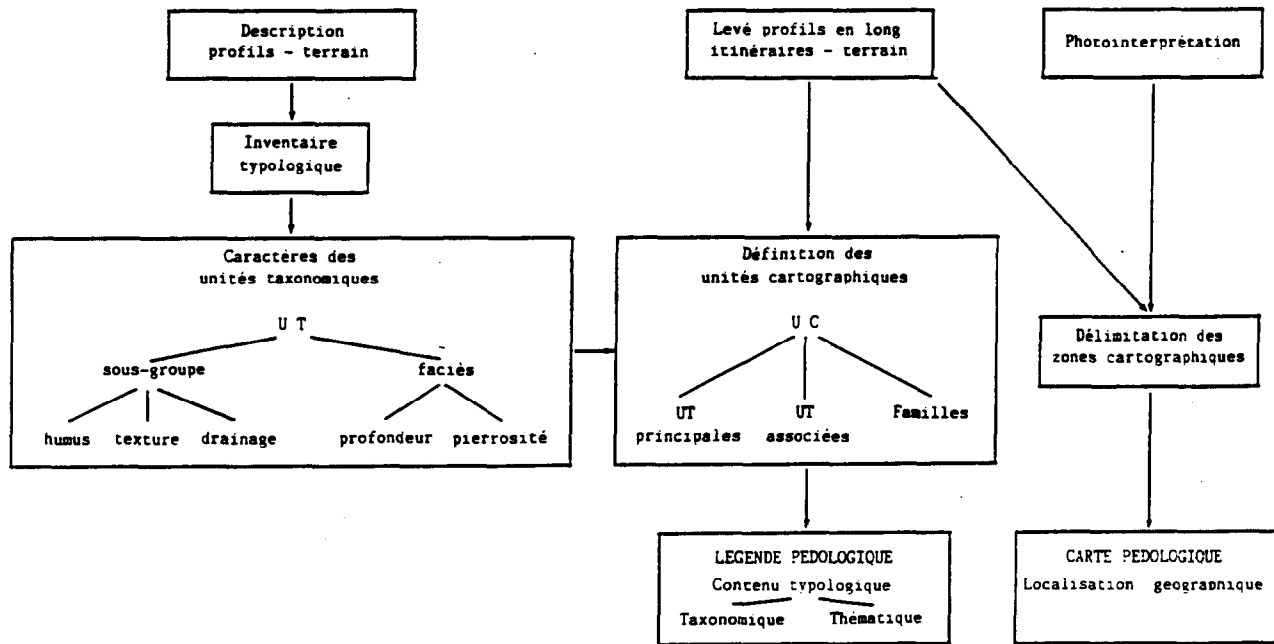


Fig. 1 : Protocole de réalisation et structure de la carte pédologique

La figure 1 illustre les différents moyens et étapes utilisés pour obtenir, dans le cadre de la Carte Pédologique du secteur est de NKAMBE à 1/200 000, l'information pédologique et la transcrire sous les deux aspects de l'inventaire typologique (légende) et de la localisation géographique (carte).

Les moyens utilisés sont, sur le terrain, classiquement la description de profils pédologiques, mais aussi le levé de profils en long des itinéraires parcourus. Vient s'y adjoindre une photointerprétation détaillée sur documents aériens à 1/50 000.

La description et l'étude de nombreux profils pédologiques (près de 700), répartis sur tout le périmètre couvert, a permis l'élaboration d'un inventaire typologique des sols rencontrés, suffisamment exhaustif et détaillé. La caractérisation des unités taxonomiques (UT), selon le système (H.S.), a pu être ensuite réalisé, grâce à une définition précise des critères de différenciation, à un niveau relativement bas de ce référentiel : le sous-groupe et le faciès. Elles sont à ce niveau au nombre de 29. Ainsi, au sein des quatre classes de sols reconnus sur le périmètre : sols peu évolués, sols brunifiés, sols ferrallitiques, sols hydromorphes, les critères de différenciation au niveau du sous-groupe faisant état, entre autres, de l'humus, de la texture superficielle, du drainage ... et au niveau du faciès, faisant état de la profondeur du sol jusqu'à l'horizon d'altération, de la présence et de la position des éléments grossiers, sont autant d'éléments de caractérisation et de différenciation des sols, de nature thématique, qui intéressent tout particulièrement les utilisateurs, et peuvent servir de base à l'établissement de documents thématiques dérivés de l'information pédologique sensu-stricto.

Le levé des profils en long des nombreux itinéraires parcourus a fourni simultanément l'information de nature spatiale indispensable : répartition et variabilité des types de sols, modelé, nature du substrat géologique, relevé de différentes limites. Du fait de la très grande hétérogénéité du milieu naturel de la région cartographiée, c'est ce second type d'information qui permet :

- de définir les unités cartographiques (UC) : leur contenu typologique puis taxonomique (qui dans la majorité des cas n'est pas simple), par référence à l'inventaire précédent ; de préciser spatialement la nature des roches-mères.
- de préciser dès le terrain l'extension linéaire des zones ayant pour contenu une unité cartographique donnée.

La photointerprétation intervient alors pour achever de préciser latéralement la délimitation des zones cartographiques caractérisées par un contenu-sol précédemment bien défini et pour effectuer les extrapolations nécessaires.

A la suite de ces différentes étapes, l'information pédologique est alors caractérisée et structurée. Elle peut être transcrite sur les deux documents qui constituent la Carte Pédologique :

- la légende qui regroupe les unités cartographiques. Celles-ci, le plus souvent complexes, sont constituées d'une unité taxonomique principale (la plus représentée) et d'une unité taxonomique associée, avec pour chacune de ces unités taxonomiques leur information thématique au niveau du sous-groupe et du faciès. 81 unités cartographiques ont pu ainsi être distinguées. Caractérisées complémentaiement au niveau de la famille par la nature des matériaux originels ou roches-mères sur lesquelles on les rencontre, un total de 121 unités constituent ainsi la légende définitive.

- la carte proprement dite qui fait apparaître par ses contours le découpage des zones correspondantes aux unités de la légende. Le secteur est de la feuille NKAMBE comporte ainsi plus de 450 de ces zones.

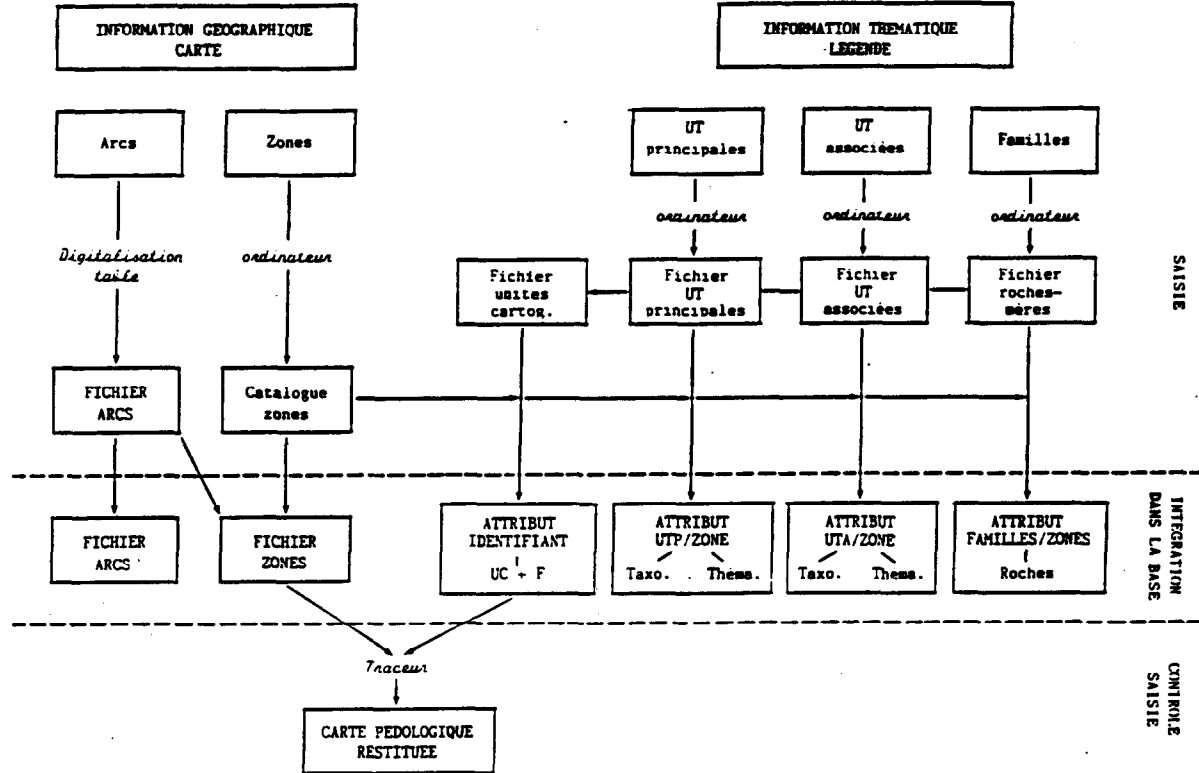


Fig. 2 : Protocole de saisie de l'information contenue dans la carte et la légende pédologiques

Ce sont ainsi deux éléments indissociables et complémentaires dans leur réalisation et leur exploitation, légende avec son contenu typologique reflétant l'information de nature taxonomique et thématique, et document cartographique avec son contenu de localisation géographique, qui constituent la Carte Pédologique, support de la totalité de l'information pédologique définissable, recueillie au cours de la prospection du secteur est-NKAMBE.

2 - SAISIE INFORMATIQUE DE LA CARTE PEDOLOGIQUE DE NKAMBE

Le traitement d'une information géographiquement localisée (info-graphie) nécessite la saisie de la totalité de cette information, celle contenue sur le document cartographique, l'information géographique, et celle contenue sur la légende, l'information thématique. Ces opérations de saisie se déroulent en plusieurs étapes et à l'aide de deux outils principaux, l'ordinateur et la table à digitaliser, comme le montre le diagramme de la figure 2.

2-1 - La saisie de l'information géographique

Cette information se présente sur le document cartographique sous forme de zones délimitées par des contours. Le contour de chaque zone est constitué d'un, ou le plus souvent, de plusieurs arcs, délimités par les points de rencontre des différents arcs : les noeuds. Le principe de la saisie consiste à relever, point par point, les coordonnées des arcs, à stocker ces données sous forme de fichier et à les attribuer aux différentes zones dont ils constituent les contours. Le plus souvent un arc marque la limite entre deux zones.

Une numérotation des zones est effectuée, enregistrée sur l'ordinateur pour constituer un catalogue des zones. La totalité des arcs est également numérotée, tandis que les coordonnées des points qui les constituent sont levés arc par arc sur une table à digitaliser. Cette information est transmise à l'ordinateur où est ainsi créé le fichier arc, contenant l'inventaire des arcs et des coordonnées de leurs points respectifs. Le croisement de ce fichier arc avec le catalogue des zones permet enfin de créer un fichier zones qui, en attribuant à chaque zone le numéro de ses arcs-enveloppe, en définit également ainsi le positionnement.

A l'issue de ces opérations se trouvent ainsi intégrées dans la base de données de l'ordinateur deux fichiers : le fichier-arc et le fichier-zones qui représentent la totalité de l'information géographique contenue sur le document cartographique original.

2-2 - La saisie de l'information thématique

Cette information est présente sur la légende qui contient, comme il a été précisé précédemment, l'information pédologique structurée en différents éléments : les unités taxonomiques principales et unités taxonomiques associées, avec leur information thématique au niveau du sous-groupe et du faciès, les familles : roches-mères et matériaux originels des sols, enfin les unités cartographiques, qui définissent les différents contenus des différentes zones de la carte et sont constituées pour la plupart d'une unité taxonomique principale et d'une unité taxonomique associée.

Le principe de la saisie de cette information consiste à créer un fichier, inventaire des valeurs, pour chacun des éléments précédents, puis à définir pour chaque zone de la carte la valeur de chaque élément, qui est alors qualifiée d'attribut de la zone.

Les fichiers unités taxonomiques principales (27 valeurs), unités taxonomiques associées (18 valeurs), familles (7 valeurs), sont saisis au clavier de l'ordinateur. La combinaison de ces fichiers selon la légende établit le fichier unités cartographiques (121 valeurs).

L'intégration dans la base de données se fait par croisement de chacun des quatre fichiers précédents avec le catalogue des zones dressé lors de la saisie de l'information géographique. On obtient alors les fichiers attributs qui constituent la forme de stockage en mémoire de l'information thématique : attribut unités taxonomiques principales par zone, attribut unités taxonomiques associées par zone, attribut familles par zone, chacun avec son contenu taxonomique et/ou thématique. L'attribut identifiants est obtenu de la même façon : c'est la combinaison unités cartographiques-familles par zone qui ainsi renferme l'information synthétisée de la légende d'où son appellation.

A la fin de ces deux séries d'opérations de saisie est stockée en mémoire, sur support magnétique, la totalité de l'information de la carte et de la légende pédologiques, sous forme de 6 fichiers, arcs, zones et 4 attributs, disponibles pour le traitement ultérieur par le logiciel d'extraction et de création d'images thématiques.

Un premier traitement est auparavant effectué pour contrôler la saisie : le croisement des fichiers zones et identifiants permet d'obtenir immédiatement, sur traceur, la restitution automatique de la carte pédologique de base : contours et contenu unités cartographiques des zones, pour en contrôler la conformité avec le document original.

3 - TRAITEMENT INFOGRAPHIQUE ET CONSTITUTION DE DOCUMENTS THEMATIQUES.

Le logiciel TIGER permet de traiter l'information stockée lors des opérations de saisie pour en extraire, à la demande, une ou plusieurs des composantes, en créer et en restituer une image sous forme d'un nouveau document cartographique, à contenu géographique (carte) et thématique (légende). Trois outils sont utilisés pour cela : l'ordinateur, un écran de visualisation et une table traçante.

La figure 3 retrace synthétiquement les trois étapes du protocole d'établissement d'un document thématique : la requête, qui consiste à interroger la base de données sur l'ordinateur et en prélever les éléments désirés, la constitution de l'image, qui fait intervenir le logiciel pour les opérations de tri et de classement de l'information sélectionnée, enfin la visualisation qui permet de définir les modalités de restitution graphique du document final.

3-1 - La requête

Il s'agit au cours de cette opération de sélectionner et d'extraire l'information que l'on désire voir figurer sur le document thématique. Le thème étant choisi par l'utilisateur (profondeur, éléments grossiers, roches-mères...), on détermine l'attribut à partir duquel ce thème doit être prélevé (unités taxonomiques principales ou associées, identifiants...), et cet attribut est subdivisé en fonction de la variabilité ou de la nature du thème, ce qui permet la constitution de deux ou plusieurs classes. Les valeurs de l'attribut correspondant à ces classes sont regroupées et saisies au clavier de l'ordinateur pour constituer la requête.

3-2 - La constitution de l'image

C'est à ce niveau que le logiciel infographique effectue les opérations les plus importantes : tris et regroupements, qui sont à l'origine de son développement. Ayant interrogé les valeurs de l'attribut sélectionné précédemment, qui correspondent aux classes définies, et le fichier zones, il détermine automatiquement les zones concernées, pour chaque classe; puis il regroupe ou maintient dissociées les zones adjacentes selon leur appartenance ou non à une

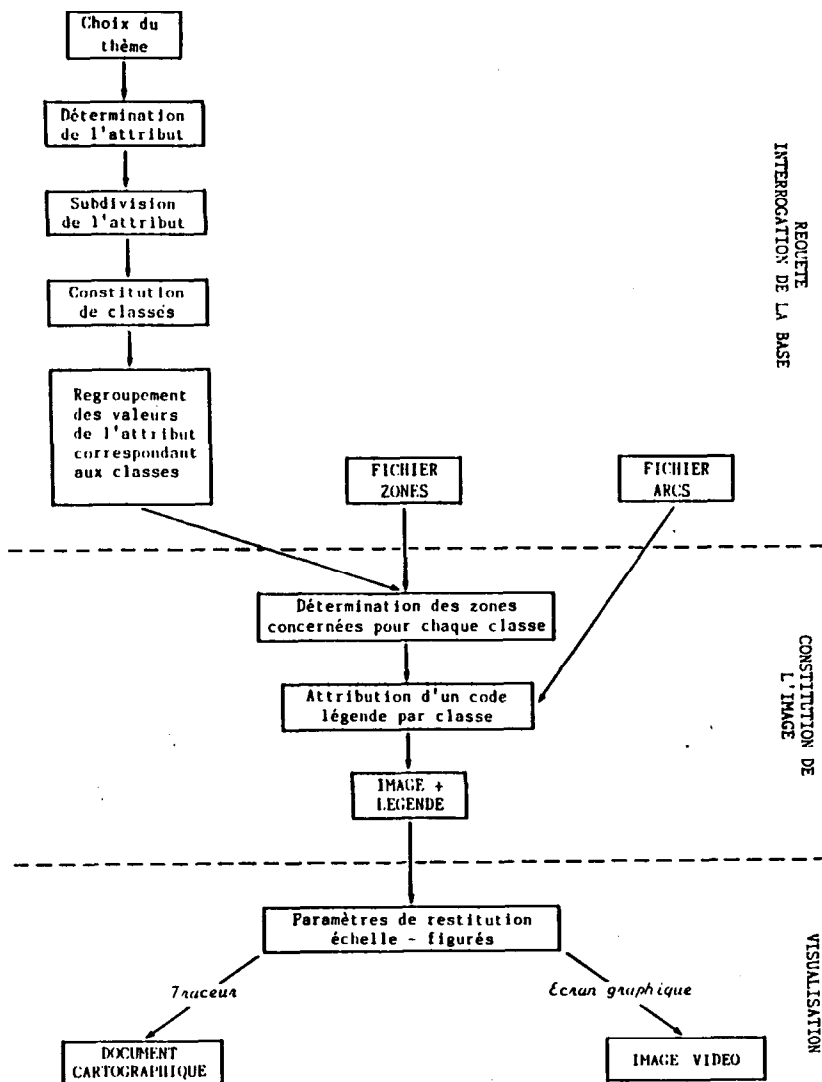


Fig. 3 : Protocole d'établissement d'une carte thématique

même classe. L'interrogation du fichier arcs amène ensuite la recréation automatique d'un nouveau réseau de contours des zones regroupées et l'attribution d'un nouveau code-légende, par classe, à ce réseau caractérisant le thème choisi. Une nouvelle image et sa légende propre sont ainsi créées, accompagnées de différents renseignements automatiquement calculés concernant la superficie et les proportions relatives des nouvelles zones appartenant à chaque classe du thème.

3-3 - La visualisation de l'image

Les nouvelles images et légendes créées au cours de la précédente étape sont stockées en mémoire et disponibles à tout moment pour la visualisation. Celle-ci peut être effectuée, pour observer une première représentation du découpage zonal et faciliter le choix des paramètres de restitution, sur un écran vidéo graphique à haute résolution. La sélection des figurés (couleurs...) peut y être réalisée et modifiée en fonction de la répartition des zones du nouveau découpage thématique.

La restitution du document cartographique sur papier est obtenue sur un traceur à plusieurs plumes de différentes couleurs sélectionnables. Echelle, choix des figurés et de l'habillage de la carte sont également sélectionnés au moment de cette restitution graphique. Ils sont modulables et adaptables à la demande. La carte et la légende thématiques sont alors dressées directement sous leur forme définitive : habillage, lettres, contours, à-plats, accompagnées des paramètres de restitution et des calculs de superficie occupée par les différentes zones des classes sélectionnées selon le thème choisi.

Les trois étapes ci-dessus de réalisation d'un document thématique à partir de la base de donnée issue de la carte pédologique initiale sont ainsi réalisées par simples manipulations informatiques, sans aucune intervention manuelle de tracé.

4 - EXEMPLES DE DOCUMENTS THEMATIQUES REALISES POUR NKAMBE

De nombreux types d'images thématiques peuvent être créées à l'aide du logiciel TIGER par extraction et/ou regroupement de tel ou tel type d'information contenue dans le document pédologique de base et intégrée dans la base de données.

Des cartes de synthèse établissant des documents pédologiques à plus petite échelle (1/500 000) :

-Carte des unités taxonomiques principales réduites et regroupées au niveau du groupe CPCS.

-Carte des unités taxonomiques principales, réduites au niveau du groupe CPCS et regroupées par faciès d'utilisation, faisant apparaître les caractères thématiques spécifiques des unités.

Ce type de documents est obtenu par traitement du fichier attributs unités taxonomiques principales et regroupement des valeurs en classes selon les critères sélectionnés.

Des cartes thématiques monofactorielles faisant apparaître un thème avec deux ou plusieurs classes de valeurs :

-Carte de profondeur et carte de pierrosité des sols des unités taxonomiques principales pour lesquelles ces thèmes extraits un par un du fichier attributs unités taxonomiques principales sont divisés en deux classes.

-Carte de profondeur et carte de pierrosité des sols des zones cartographiques, pour lesquelles ces thèmes, extraits un par un du fichier attributs identifiants, sont subdivisés en quatre classes selon les combinaisons des deux valeurs de chaque thème prises par les unités taxonomiques principales et associées.

-Carte des faciès pétrographiques pour laquelle sont extraites en 7 classes et représentées sous forme d'image, les valeurs du fichier attributs familles.

Des cartes thématiques plurifactorielles faisant apparaître plusieurs thèmes et leurs combinaisons :

-Carte des contraintes d'utilisation des sols des unités taxonomiques principales pour laquelle les thèmes principaux : profondeur, gravelosité, éluviation superficielle, caractère humique, drainage..., sont extraits du fichier attributs unités taxonomiques principales et synthétisés pour créer 11 classes de valeurs.

-Carte des contraintes pédologiques zonales pour laquelle les thèmes profondeur, gravelosité, drainage... sont extraits du fichier attributs identifiants et combinés pour créer 6 classes de valeurs.

Ces exemples, non exhaustifs, montrent les très vastes possibilités de traitement par l'infographie de l'information pédologique de base pour l'établissement de documents thématiques. Il a été procédé aussi au cours de ces traitements à des réductions d'échelle et à des superpositions d'images : cas en particulier de la superposition de l'image "faciès pétrographiques", qui apporte une information sur les réserves minérales des sols, avec d'autres images thématiques créées. De nombreuses autres applications, agrandissement, fenestrage..., sont également possibles à réaliser sur les documents thématiques et sur la restitution du document pédologique de base, grâce au logiciel TIGER utilisé.

CONCLUSION

La mise au point de systèmes de traitement d'informations géographiquement localisées, tel le logiciel TIGER à l'ORSTOM, marque un grand progrès dans l'élaboration de documents thématiques, en particulier en matière de Pédologie, où ce type de documents est très fréquemment demandé en complément de la Carte Pédologique de base. Ce procédé infographique permet le traitement complet et automatique de l'information saisie, tant sur le plan géographique (tracé), que thématique (extraction, regroupement-croisement, combinaison, superposition de thèmes). Il procure ainsi un gain de temps et une flexibilité considérables qui permettent en outre de répondre au cas par cas à la demande des utilisateurs, en attribuant au document de base le rôle d'une banque de données. Ce procédé nécessite cependant une rigueur et une structuration suffisantes dans la collecte de l'information de base qui est ensuite saisie pour créer la base de données. Il ne peut en effet restituer, sous une forme plus ou moins élaborée (cartes thématiques monofactorielles ou plurifactorielles), qu'un ensemble d'informations qui font partie de celle figurant sur le document pédologique de base (carte et légende), et qui a donc dû être, en toute rigueur, collectée dès la phase initiale de terrain. L'utilisation de cette technique de pointe ne peut donc que faire progresser les méthodes d'inventaire des sols et de réalisation de la Cartographie Pédologique.