

## LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE DE L'ETAT DE VERACRUZ (MEXIQUE) : POSITIONS DE RECHERCHE ET OPTIONS METHODOLOGIQUES.

(Luc CAMBREZY)

**RESUME** - On développera ici les circonstances qui font de ce programme un point de rencontre entre recherche et planification, aux trois niveaux d'approximations retenus : Etat, région, municipale.

- le constat d'une information statistique et cartographique abondante, bien que très inégale, peu utilisée et le plus souvent fort mal. Les caractères socio-économiques d'un espace quelconque (Etat, Région ou Municipale) comme les aspects relatifs au support écologique sont rarement situés dans leur environnement spatio-temporel. Il s'ensuit que la plupart des études ayant pour finalité la planification du développement des activités agricoles, se résument à un catalogue sans intérêt des variables habituelles : hydrographie, végétation, climats, population, etc. ;

- dès lors, le SIG apparaît comme un outil permettant de lever l'habituel goulot d'étranglement que constitue la gestion et le traitement de l'information. Il apporte un plus essentiel, trop peu pris en compte au Mexique (mais les planificateurs ont conscience de cette lacune) : la mise en perspective dans l'espace des phénomènes étudiés ;

- cette perspective, comme celle qui lui est liée, l'analyse en terme de synthèse, est aussi celle des chercheurs - au moins de ceux pour qui l'espace est une variable incontournable. Elle l'est à fortiori lorsque l'étude des organisations régionales est au centre de la problématique scientifique des disciplines impliquées dans le programme : démographie, bio-géographie, géographie, etc..

*Mise en place du SIG : aspects techniques et institutionnels.*

On évoquera ici l'ensemble des problèmes que posent la mise en place d'un SIG dans un pays du Tiers Monde : depuis la question du transfert de technologie (tous les pays ne sont pas aptes à le recevoir), jusqu'à l'infrastructure (équipement et personnel) qu'exige un tel programme. La nature même de l'outil, comme la liaison Recherche/Planification, contribue à orienter ce type de programme dans une course à l'information, toujours plus fiable et toujours plus actualisée.

Cette spirale, difficilement évitable, impose la mise en place d'un important dispositif de collecte et de correction de l'information. Ceci implique aussi la participation active de nombreuses institutions (agriculture, santé, etc.) ; celle-ci est coûteuse en personnel, mais implique surtout une adhésion totale des instances politiques qui seules peuvent favoriser cette nécessaire coopération.

### *Problématique générale et thèmes d'étude.*

Au delà des thèmes d'étude qui ont été retenus, mais un SIG est par nature dynamique, on insistera surtout sur un aspect essentiel de la recherche. S'agissant d'un nouvel outil, les SIG autorisent la mise au point et l'emploi de nouvelles méthodes, difficilement envisageables sans les techniques liées à l'informatique graphique ; c'est par exemple le cas pour l'étude du milieu physique et de ce que les sociétés agraires en font. Ainsi l'exploitation exhaustive de l'information contenue dans la carte au 1/50.000 (altimétrie, hydrographie) doit permettre un renouvellement des études de modelé et de l'hydrologie de surface. La substitution des MNT - modèles numériques de terrain, aux classiques cartes de pentes en est un exemple.

### *L'échelle.*

Les problèmes d'échelle se posent à toutes les étapes de la mise en place d'un SIG : depuis la saisie des données jusqu'aux produits finals. La question de l'échelle est ici accentuée par l'étendue de la zone d'étude (72000 km<sup>2</sup>), la nécessaire précision des données (on saisit toujours l'information la plus désagrégée), et la variabilité de la demande. On envisagera :

- nature des données, produits attendus et échelle de saisie ;
- planification régionale/planification nationale : une nécessaire coordination.

*Les SIG face au problème de la centralisation.*

- le problème de la participation paysanne aux processus de planification de la production agricole ;
- la recherche sous les fourches caudines de la demande à usage politique ?
- l'actualisation permanente : la clef du succès ?

## **INTRODUCTION**

A moins de vouloir créer une base de données dont la seule certitude serait qu'elle ne sera jamais d'aucune utilité, on ne se lance pas dans la mise en place d'un tel outil sans de sérieuses motivations. Qu'elle soit destinée à la planification ou à la recherche plus fondamentale, la création d'une base de données répond en premier lieu aux contraintes posées par le stockage et la gestion d'un volume important de données ; données qu'il faudra certainement actualiser et dont le volume ne peut aller qu'en augmentant.

Le choix du système informatisé permettant la gestion de cette base doit être guidé par l'utilisation qu'on souhaite en faire comme par le mode de représentation des connaissances désiré. On rappellera donc brièvement les objectifs du programme de recherche initié par l'ORSTOM au Mexique.

## 1. OBJECTIFS ET PREMIERS RESULTATS

### 1.1. Objectifs

Depuis mai 1989, une équipe de chercheurs et ingénieurs de l'ORSTOM travaille à la mise en place d'un système d'information géographique pour l'état de Veracruz (Mexique). Comme pour l'Atlas informatisé de la ville de Quito, le choix s'est porté sur l'utilisation de l'ensemble de techniques (matériels et logiciels) développées par l'atelier d'infographie de l'ORSTOM : Savane, Tigre et Mygale. Ce programme de recherche fait l'objet d'une convention spécifique entre l'ORSTOM et l'INEGI (*Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática*). Le Mexique, plus de deux millions de km<sup>2</sup>, 80 millions d'habitants, est administrativement divisé en 32 états. L'état de Veracruz comporte 207 municipios, pour une superficie d'environ 71 000 km<sup>2</sup>.

L'INEGI est une institution comparable à l'IGN et l'INSEE, dépendant du ministère du plan et du budget. Cet institut est responsable de la cartographie topographique à différentes échelles, comme de la cartographie d'inventaire classique (géologie, pédologie, végétation, climats, etc.). Par ailleurs, l'INEGI est également maître d'oeuvre des divers recensements régulièrement levés tous les dix ans : population, agriculture, économie. Le choix de l'état de Veracruz se justifie par une bonne connaissance de cette entité de la part de l'ORSTOM (de nombreux chercheurs y ont travaillé), comme par l'intérêt manifesté pour les techniques liées à l'informatique graphique par les diverses instances de planification, fédérales ou de l'état, présentes à Xalapa, capitale de l'état de Veracruz.

S'agissant de tout l'état de Veracruz, on voit que le travail de digitalisation et de capture des seules données produites par l'INEGI est considérable. La convention est d'une durée de trois ans, mais la première année a été essentiellement consacrée au montage de l'opération ; il est donc encore trop tôt pour pouvoir dresser un bilan des résultats.

Le choix du système se justifie évidemment par les résultats attendus. Une bonne partie de l'information disponible étant de nature cartographique, le choix devait s'orienter vers un outil du type système d'information géographique (SIG). Ce système, inspiré des bases de données relationnelles, inclue la localisation et gère celle-ci comme n'importe quel attribut. S'il est possible d'obtenir le résultat d'une interrogation de la base sur imprimante, l'intérêt essentiel d'un SIG consiste à pouvoir visualiser sur carte (sur écran ou traceur) le résultat de la requête ; c'est la principale différence avec les bases de données "traditionnelles". Cette option trouve une justification naturelle en géographie, qui fait de la question suivante l'essentiel de sa recherche : pourquoi là et pas ailleurs ? Pourquoi là plus qu'ailleurs ? On touche là une des questions posées dans ce Séminfor : celle de la représentation des connaissances.

Le système TIGRE permet une production rapide, simple et interactive de cartes thématiques dans la projection souhaitée. On peut augmenter ou réduire à loisir le nombre de paliers graphiques, calculer des surfaces, des rapports, des

pourcentages entre attributs, bref, on s'épargne de longues heures de travail autrefois passées à colorier de nombreux brouillons de cartes "pour voir ce que ça donne", étape préalable à une éventuelle mise au propre.

Le premier intérêt du système, le plus séduisant aussi pour le néophyte, relève donc de ce qu'il est convenu d'appeler la cartographie automatique, encore que ce vocable recouvre une réalité bien différente selon le matériel utilisé.

Mais lorsqu'on travaille sur les localisations et les combinaisons de phénomènes dans l'espace, on se rend bien vite compte qu'il convient de multiplier les découpages de l'espace. La carte a ses vertus, mais il s'agit toujours d'une schématisation de la réalité permettant de rendre celle-ci intelligible. Dans cette perspective, on ne peut avoir de découpage *a priori* de l'espace. C'est en principe connu, mais on oublie pourtant trop souvent que les organisations spatiales, dotées d'un statut propre, n'ont rien à voir avec les délimitations territoriales mises en œuvre et utilisées pour l'élaboration des données.

Le cas le plus évident est celui de la cartographie des données socio-économiques collectées dans le cadre de la division politico-administrative en vigueur. Celle-ci permet sans doute une bonne approche du problème, mais reste forcément réductrice si l'on veut bien admettre que les distributions spatiales rencontrées, notamment dans les pays du Tiers-Monde, seront beaucoup mieux perçues au travers d'autres partitions sans rapport avec la division administrative en vigueur (milieu naturel, systèmes agraires, unités agro-écologiques, systèmes de relation, aires culturelles, etc.).

Cette approche suppose que la capture des données soit, dans la mesure du possible, toujours réalisée au niveau de désagrégation le plus fin. Le système doit ensuite permettre de regrouper ces données selon la partition spatiale souhaitée : des données de population traitées en fonction d'un découpage fondé sur le milieu naturel (bassin versant, unité morpho-pédologique, etc.), des statistiques agricoles ré-agglomérées en fonction d'une division culturelle, ethnique ou linguistique, des données relatives au support écologique interprétées en fonction d'une cartographie des systèmes agraires.

## 1.2. Premiers résultats

### 1.2.1. Le cadastre rural

Au Mexique, la tenure de la terre se partage en deux grandes rubriques : la propriété privée d'une part, et la propriété sociale (parfois collective) résultant de la réforme agraire, d'autre part.

Dans le cadre d'une convention entre le "Secretaria de la Reforma Agraria" et l'INEGI, nous avons accès à l'intégralité du cadastre rural au 1:50 000 de l'état de Veracruz. Après de nombreux mois de vérification et de correction de l'information, nous avons pu procéder à la digitalisation de toutes les terres relatives à la propriété sociale (la moitié de la superficie de l'état de Veracruz, quelques 5 000 polygones). La reproduction sur support stable est un préalable indispensable à une digitalisation fiable et sans problème au moment de la jointure des feuilles. Celle-ci a été facilitée par la mise à disposition, au Se-

crétariat de la réforme agraire, d'un système informatisé de cartographie automatique (système HP incompatible). On a donc pu procéder à la cartographie au 1:100 000 de tout l'état - 110 cartes au 1:50 000. La forme très géométrique des polygones autorisait cette réduction d'échelle, et ainsi, limitait le nombre de feuilles (27 au 1:100 000).

Le second préalable consiste en l'attribution des clés de zone qui seront saisies au clavier au moment de la digitalisation. Dans Mygale (logiciel de digitalisation), tout polygone comporte un numéro de zone et une clé ; cette dernière est utilisée au moment de l'intégration des données descriptives. Deux zones peuvent avoir la même clé : deux affleurements géologiques de même nature, ou, dans le cas qui nous occupe ici, un même *ejido* dont les terres sont distribuées en plusieurs parcelles. Dans le cas de la propriété sociale, l'attribution des clés a été dictée par l'existence d'une enquête récente réalisée par l'INEGI : l'*Encuesta nacional agro-pecuaria ejidal*, de novembre 1988. L'intégralité de cette enquête a été saisie sur gros systèmes par les services informatiques centraux de l'INEGI. On a donc repris la même codification : clé du *municipio*, suivie de la clé de l'*ejido*.

Après la digitalisation, les deux étapes importantes sont celles de l'intégration dans une relation, du graphique (les cartes), et des attributs (les variables de l'enquête). Tigre permet l'ouverture d'autant de relations que l'on souhaite (tenure de la terre, démographie, pédologie, etc.). Chaque relation autorise le stockage et le traitement d'un maximum de soixante attributs.

### 1.2.2. Le traitement du recensement de population de 1980

Dans un pays à la démographie si dynamique, on peut s'interroger sur la pertinence du traitement d'un recensement aussi ancien. celui-ci se justifie pourtant dans la perspective d'une comparaison (graphique, bien sûr) avec les résultats du prochain recensement de population de 1990, auquel on se prépare déjà.

Il reste que le traitement de ce type de données pose quelques problèmes. Pour commencer, ce recensement n'a pas très bonne réputation quant à la fiabilité des données, et bien entendu celles-ci ne sont plus vérifiables. Par ailleurs les résultats ont été publiés au niveau des *municipios*, ce qui ne permet aucune analyse fine de la diversité régionale.

Le fait d'avoir l'INEGI pour partenaire permet bien sûr d'obtenir les données à un niveau plus fin (aire minimale de recensement ou localité), mais le manque de fiabilité des données n'en est que plus flagrant et oblige à de nombreux lissages. Enfin, la division politique elle-même reste sujette à caution ; bien des limites municipales sont encore incertaines et, dans tous les cas, on a pu constater à travers l'analyse de la situation foncière, que la réalité tant sociale qu'économique, n'est pas toujours en rapport, loin s'en faut, à la division politique en vigueur (division fédérale, division municipale).

### 1.2.3. Les cartes de population

Fidèle à la tradition de l'école géographique française, on considère que la carte de population par points de surface proportionnelle, et plus encore, l'évolution dans le temps de ces densités, est une étape incontournable de toute analyse géographique sérieuse.

L'intervention du thématique se résume à l'analyse de la validité des données, et à la décision qui en résulte. réaliser la carte ou en abandonner l'idée. Nous en sommes à cette étape. Les premiers essais, limités au centre de l'état, montrent l'extrême facilité de la procédure ; il suffit de lire le fichier des localités doté des attributs souhaités (population, coordonnées géographiques, etc.), de l'intégrer dans Tigre comme un fichier de données ponctuelles (ce pourrait être des stations climatologiques ou des profils de sols), et de fixer la taille minimale et maximale des cercles représentant la population.

Ces cartes (1980 et 1989) feront l'objet de développements particulièrement intéressants dans les prochains mois : mise à plat des densités par modèle d'interpolation, cartes de densités rurales, aires théoriques de rayonnement des villes, etc..

### 1.2.4. La saisie des cartes d'inventaire et l'analyse du milieu naturel

L'INEGI a réalisé une série de cartes thématiques couvrant, à certaines échelles, tout le pays (1:1 000 000 et 1:250 000). La géologie, la pédologie, les climats, précipitations et températures, l'usage des sols et la végétation sont les principaux thèmes de cette cartographie d'inventaire. Cette cartographie est très inégale ; la carte des sols est jugée très convenable, alors que la carte d'usage des sols et de végétation livre une information de qualité sur la végétation naturelle, mais bien peu de choses sur l'usage des sols. La digitalisation de ces cartes (une douzaine par thème) a débuté en août.

On sait que les types de sols, le modelé, les précipitations, bref, les données relatives au milieu naturel, dont on connaît l'importance pour l'agriculteur, interviennent de façon importante dans le niveau d'efficacité des systèmes agraires et des unités de production, comme dans la possibilité, théorique ou réelle, de supporter des charges de population qui vont en augmentant malgré l'exode rural.

Dans cette perspective, c'est moins le support écologique, comme objet d'étude, qui nous intéresse que la façon dont les sociétés agraires l'investissent, l'interprètent et l'exploitent.

C'est moins le substratum géologique et la pédogenèse qui importent, que ce que l'agriculteur retire du sol, en préservant, ou non, la fertilité - c'est moins le total annuel des précipitations, que la répartition des pluies dans l'année - c'est moins une recherche pointue sur les systèmes d'érosion hérités ou en vigueur, que la topographie qui en résulte qui, elle, est quotidiennement parcourue par l'agriculteur.

Par ailleurs, les cartes topographiques de l'INEGI au 1:50 000 livrent une information essentielle pour l'interprétation des faits agraires : la topographie et le réseau hydrographique permettent une lecture quasi-immédiate des problèmes

que peuvent poser les pentes, le modelé, l'accessibilité, les points d'eau, etc.. Il faut donc profiter à la fois de la richesse de cette information et des possibilités de calcul qu'offre l'ordinateur. Une demande spécifique du Ministère de l'agriculture de l'état nous a conduit à réaliser un MNT au 1:50 000 du Cofre de Perote (volcan dominant la ville de Xalapa, capitale de l'état de Veracruz). On souhaite cependant confronter cette démarche, qui pour être séduisante, n'a pas encore fait toutes ses preuves, à la carte classique des pentes. Dans les deux cas, l'idée, qui n'est plus très neuve, est de superposer de l'information thématique (usage des sols, par exemple) à la carte des pentes comme au MNT. ce développement sera sans doute réalisé dans les prochains mois.

### 1.2.5. La cartographie des systèmes agraires

C'est sur ce thème que nous percevons les meilleures possibilités d'usage de l'image satellite, surtout si celle-ci est intégrée au système d'information géographique ; une manipulation qui est précisément autorisée dans Tigre.

Cependant, un premier travail réalisé dans le cadre d'un PEPS (Programme d'évaluation préliminaire SPOT) a au moins débouché sur le résultat qu'il était illusoire d'espérer en tirer une carte d'usage des sols, sans la mise en place d'une logistique coûteuse (achat de nouvelles scènes, personnel qualifié à plein temps, etc.) qui, au bout du compte, n'assure pas plus d'une cartographie fiable.

Enfin, on peut s'interroger sur la validité d'une carte d'usage des sols qui serait le cliché fidèle d'une situation à un moment donné (la date de prise de vue), mais qui ne dirait rien des successions culturales, des rotations, des jachères lorsqu'il y en a, mais surtout des dynamiques rapides observées dans les campagnes liées au crédit, à l'évolution des cours des produits agricoles où à l'évolution du réseau routier.

Ces premiers travaux nous orientent donc vers la recherche d'une procédure qui serait celle d'une cartographie des paysages et systèmes agraires fondées sur les critères visuels classiques en photo-interprétation. A cet égard, l'image SPOT panchromatique s'avère d'un grand intérêt. Il reste que la couverture complète de l'état de Veracruz signifierait l'acquisition d'une vingtaine d'images SPOT, ce qui ne peut relever des attributions de l'ORSTOM.

## 2. LES TECHNIQUES

### 2.1. La description du système

On ne décrira ici que l'architecture et la philosophie générale du système Tigre. Pour de plus amples détails, nous renvoyons le lecteur aux diverses publications de Marc Souris et al.

"L'information géographique est complexe et variée : données multiples, hétérogènes, de sources très diverses (cartes, télédétection spatiale, relevés de terrain, données statistiques, etc.). Ces données n'ont souvent aucun lien a priori

entre elles, autre que leur localisation dans l'espace, qui peut être donnée sous des formes très diverses". L'originalité du système a été "d'étendre le principe de la gestion relationnelle des objets, que ce soit des zones, des lignes, des réseaux, des points, et indépendamment de leur mode de stockage et représentation". Enfin, "si la localisation est utilisée dans le processus de gestion de l'information, elle permet également la représentation cartographique des résultats d'une interrogation au même titre qu'une sortie des résultats sur imprimante. C'est l'attribut *localisation* qui est alors représenté comme résultat du processus de gestion.

## 2.2. La nature des paramètres à stocker

Les données graphiques peuvent être des points (localisation des stations météorologiques, par exemple), des réseaux (hydrographie, routes, etc.) ou des zones (affleurement géologique, parcelles, etc.). Les localisations ponctuelles peuvent être saisies au clavier, si les coordonnées géographiques sont connues ; dans les autres cas, la saisie se déroule sur la table à digitaliser.

Dans la mesure du possible, l'information doit toujours être saisie au niveau le plus fin. A la digitalisation de la carte des précipitations, on préférera la saisie des données qui ont servi à son élaboration ; à la capture des données censitaires par municipio, on privilégiera la saisie des mêmes données pour chaque localité. Comme on l'a déjà mentionné, c'est cette désagrégation de l'information qui permet de s'affranchir d'un découpage a priori de l'espace.

## 2.3. La configuration matérielle

La configuration installée au Mexique est la suivante :

- pour la digitalisation : table Benson 6301 + micro PC-AT (disque dur 20 mégas, carte EGA) ;
- pour le traitement : station SUN 3/60, écran couleur 19 pouces, streamer et terminal alphanumérique en complément ;
- pour la restitution : traceur CALCOMP 8 plumes. Pas de restitution couleur, pas d'imprimante laser.

## 2.4. Problèmes rencontrés

On n'entrera pas dans le détail des problèmes rencontrés, tant ils sont nombreux. On se limitera ici à leur énumération : changements de matériel, communication entre la France, l'Equateur et le Mexique, formation du personnel, accès aux données, validation, actualisation, etc.. Deux questions méritent cependant une attention particulière : la restitution cartographique d'une part, le développement informatique d'autre part.

On a vu en effet que la carte est le résultat privilégié de toute interrogation de la base. S'il s'agit d'une cartographie de travail, dont l'objet est avant tout de produire des documents utiles pour la réflexion, on peut sans doute se satisfaire d'un traceur pour le dessin au trait et d'une impression type *Tetha-Scan*, pour les à-plats et trames en couleur.



Ces impressions sont en revanche de qualité tout à fait insuffisante s'il s'agit d'édition. L'impression sur imprimante laser noir et blanc est très satisfaisante mais ne règle pas le problème de l'édition des cartes en couleurs de grand format. Quant aux périphériques du type Vizir ou Intergraph, leur prix reste encore très prohibitif.

La question du développement informatique constitue un autre goulot d'étranglement. Une des grandes qualités du système Savane (Mygale, Tigre, etc.), est d'être perfectible ; c'est d'ailleurs le souhait des utilisateurs qui, à mesure qu'ils progressent dans la manipulation de l'outil comme dans leur réflexion, se trouvent soudain bloqués dans l'usage qu'ils pensaient faire du système. Etant perfectible, le problème n'est pas insurmontable, mais cela implique la présence sur place d'un membre permanent de l'équipe d'infographie de l'ORSTOM.

## ILLUSTRATIONS

L'intégration du graphique constitue une étape essentielle du processus dans la démarche de création du système d'information géographique. Pour éviter les problèmes ultérieurs de recalage, un fond de carte de référence unique est indispensable (tracé des côtes, limites d'états, routes, etc.). En fonction des thèmes et de l'information disponible, la digitalisation s'effectue par feuilles au 1:50 000, 1:100 000 ou 1:250 000. C'est au moment de l'intégration du graphique dans la base qu'on réalise la jointure des feuilles (figure 1).

La figure 2 représente un modèle numérique de terrain du Cofre de Perote, vu de la Sierra (2.1) et vu de l'Altiplano (2.2). L'utilité des MNT est fonction de l'échelle de saisie. Au 1:250 000, celui-ci n'a qu'une valeur illustrative et pédagogique ; à l'inverse, une digitalisation des courbes de niveau au 1:50 000 permet de mieux comprendre la topographie de détail et justifie la superposition d'une information variée.



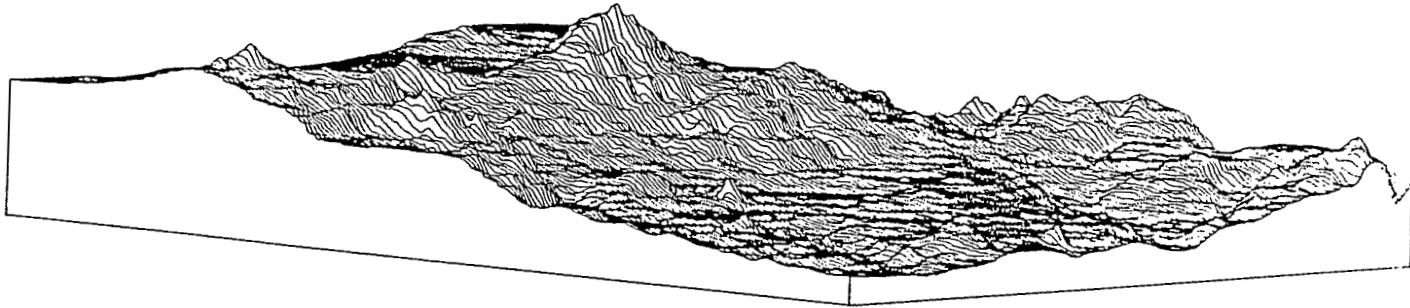


Figure 2.1

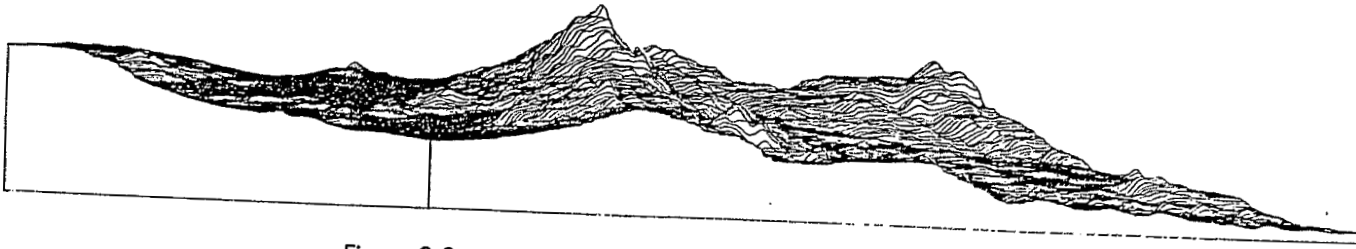


Figure 2.2