

UN SYSTEME D'INFORMATION BIOGEOGRAPHIQUE : LE LOGICIEL PAYSAGES

GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM : PAYSAGES SOFTWARE

Par A.M. AUBRY*, E. DOMINGO**, C.J. HOUNDAGBA**, M. A. da MATHA SANT'ANNA**,
P. SECHET*** et C.F. TCHIBOZO**

RESUME

Cet article se propose de décrire un projet de réalisation d'un logiciel de saisie, validation et traitement des données collectées sur le milieu biophysique, selon l'approche dite typologique. Il s'agit d'un programme de coopération franco-béninois en cours, faisant intervenir des informaticiens et des géographes. Après une brève description de la méthode d'analyse des paysages, le texte précise la démarche adoptée, en particulier sur le plan conceptuel, pour la mise au point d'un système d'information complexe et faisant intervenir un grand nombre de variables.

INTRODUCTION

Le travail présenté concerne la réalisation, actuellement en cours, d'un logiciel de gestion de base de données localisées, dans le cadre d'un programme de coopération entre l'Université Nationale du Bénin, UNB, et l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération, ORSTOM. Il prétend construire un support informatique pour la méthode d'analyse des paysages mise au point par une équipe de géographes physiciens de l'Afrique de l'Ouest, dans le souci de cartographier le milieu naturel, et dont les prémisses ont été énoncées par une équipe pluridisciplinaire de l'ORSTOM (Beaudou et al., 1978).

Il s'agit en effet de développer un logiciel de saisie, validation et traitement, sur micro-ordinateur portable ou de bureau, des données collectées sur le milieu biophysique lors des opérations d'inventaire et d'analyse, selon la méthode dite typologique. Le système informatique que l'on doit mettre au point constituera le moteur d'un véritable système d'information géographique, tel qu'il a été décrit dans l'ouvrage de référence de Jean-François Richard (Richard, 1989). Ce système sera capable de stocker de manière intégrée la majeure partie des observations collectées sur le milieu et d'en permettre la restitution et l'interprétation à la demande, dans l'optique des applications les plus variées d'aménagement, d'exploitation et de conservation des ressources naturelles.

* ORSTOM, 72 route d'Aulnay, 93140 Bondy.

** Université Nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin.

*** ORSTOM, 213 rue Lafayette, 75480 Paris cedex 10.

SUMMARY

This article describes a project to develop software for the acquisition, validation and processing of data collected in the biophysical environment using a « typological » procedure. It is an on-going France-Benin cooperation programme, with the participation of both computer experts and geographers. Following a brief description of the paysage analysis method, the text then describes the procedure which was adopted, particular attention being given to the conceptual plan, to perfect a complex information system involving a large number of variables.

INTRODUCTION

This article describes the on-going research to develop localized data base management software, in the context of a co-operation programme between the Benin National University (UNB), and the ORSTOM (French Institute of scientific research for development and cooperation). A computer support is being developed for the paysage analysis method, perfected by a team of West African physical geographers, to map the natural environment, whose premises have been expressed by an ORSTOM multi-field research team (Beaudou and Al., 1978).

In fact it was a question of developing software for portable or desk-top computers, for the acquisition, validation and processing of data collected in the biophysical environment, during survey and analysis operations, using a « typological » method. The computing system which has to be perfected, will be the driving force behind a real system for geographical information, as described in the reference study by Jean-François Richard (Richard, 1989). This system will be able to stock in an integrated manner, most of the observations collected about the environment and will enable these observations to be restored and interpreted as required, in very varied management applications, use and preservation of natural resources.

Cet article présente tout d'abord la méthode pratique des naturalistes pour une approche scientifique et systématique du milieu, laquelle sous-tend le développement de ce logiciel, appelé « PAYSAGES ». Une description aussi complète que possible des bénéfices attendus de la réalisation de ce travail figure ensuite. Enfin, les principaux éléments de la démarche de réalisation, essentiellement sur le plan conceptuel mais aussi en termes de choix d'outils de développement informatique, terminent ce texte.

1. METHODE D'ANALYSE DES PAYSAGES

Notre science, comme beaucoup d'autres sciences de la Nature, part d'une exigence pratiquement incontournable : la reconnaissance immédiate des composantes du milieu ! En effet, même s'il existe aujourd'hui des méthodes plus globales de perception du milieu, notamment grâce au développement de la télédétection, la vérité-terrain reste indispensable.

Mais si le biogéographe s'attache, contre vents et marées, à l'échelle de cette perception première pour l'expression des valeurs de la nature, d'autres scientifiques comme les botanistes et les pédologues qui, disons-le, s'intéressent à la même matière que nous, ont établi, eux, des modèles de reconnaissance, des sortes de « fiches de perception » qui partent d'abord du détail : ils opèrent un changement dans l'échelle d'observation, consciemment ou inconsciemment. En tout cas sûrement ! Rien donc d'étonnant à ce que l'expression de la nature soit si vague ou globalisante d'un côté et si réservée ou partielle de l'autre.

C'est pour résoudre ce problème fondamental de la reconnaissance des composantes et des organisations du milieu, que des chercheurs de différentes activités se sont mis ensemble pour fixer des normes, des codes d'interprétation et tenter de trouver une solution à l'épineuse question de l'échelle d'observation. Et l'on voit la nécessité de l'expression adéquate, qui suit objectivement l'objet depuis la perception première jusqu'aux spéculations de l'analyse et de l'interprétation.

La méthode typologique comporte trois étapes :

- la reconnaissance des corps naturels et (ou) enveloppes paysagiques sur la base de critères morpho-structuraux ;

- la description et l'analyse détaillées des éléments paysagiques au moyen de relevés de terrain, en vue d'une meilleure compréhension du milieu et d'une restitution objective des informations recueillies ;

- enfin, la normalisation, c'est-à-dire la généralisation des résultats des « expressions paysagiques » sur des continuums donnés. C'est la typologie du milieu.

Firstly, this article deals with the method which naturalists used to scientifically and systematically study the environment, which required the development of this software, called « PAYSAGES ». Then a complete as possible description, a complete as possible, will be given of the benefits which can be expected from the realisation of this study. Lastly, the principal elements of the realisation procedure will be dealt with, with special emphasis being given to the conceptual plan and also to the choice of tools for information science development.

1. PAYSAGE ANALYSIS METHOD

Our science, like many other Natural Sciences, starts from an almost unavoidable requirement : the immediate identification of environmental components ! In fact, even if there now exists more global methods for environment perception, notably due to the development of remote sensing, field-work is still indispensable.

But if in spite of everything, the biogeographer sticks to this first perception scale in order to express nature's values, other scientists such as botanists and pedology specialists who are, let's say it, interested in the same subject as we are, have established identification models, types of « perception files » which start firstly from the detail : they have consciously or unconsciously, but in every case, changed the observation scale. No wonder then if we note, on one hand, that the expression of nature is so vague and generalized and on the other hand, so reserved or incomplete.

In order to resolve this fundamental problem of identifying components and environment organisations, researchers working in different fields have come together to set standards, interpretation codes and to try and find a solution to the thorny problem of observation scales. Then one can notice the necessity for adequate expression, which objectively follows the subject from the first perception up to the analysis speculations and interpretation.

The typological method is made up of three stages :

- the identification of the natural elements and (or) paysage envelopes according to morpho-structural criteria ;

- the detailed description and analysis of paysage elements by means of field recordings, to achieve a better understanding of the environment and an objective restoral of the information which has been gathered ;

- lastly, the standardization, that is, the generalization of the results of « paysage expressions » based on data continuums. This is the typology of the environment.

1.1. Découpage du milieu

Le découpage selon la méthode typologique est calqué sur les organisations intrinsèques du milieu, organisations qui présentent des niveaux d'observation emboîtés. On connaît le découpage devenu classique chez les naturalistes de la terre en zones, domaines et régions dans les études générales, en s'appuyant sur les critères climatiques et physiographiques.

Dans le présent article, l'accent sera mis sur les organisations de rang inférieur, c'est-à-dire à partir du niveau paysage. Celles-ci ont fait l'objet d'une réflexion méthodologique approfondie lors de la conception du logiciel PAYSAGES. Ainsi, on peut remarquer que le modèle logique représentatif de l'information géographique généré par la méthode d'analyse typologique est essentiellement hiérarchique. Il met en évidence trois groupes d'entités reliées entre elles par des associations de type père-fils : les entités spatiales, ponctuelles et linéaires.

1.1.1. Entités spatiales

On entend par entités spatiales toute organisation ou unité paysagique disposant d'une extension géographique. Les entités spatiales sont constituées par l'enchaînement : paysages, segments de paysage, géons, géotopes (1)

a) le paysage est une entité spatiale homogène du double point de vue géomorphologique et biogéographique. Elle est toujours incluse dans une unité élémentaire de relief (interfluve, cuvette, etc.). Il est souvent désigné par le nom d'une agglomération située à proximité. Par exemple au Bénin, paysage du plateau résiduel induré (gréseux) de Banamé, paysage de Setto, etc.. Un paysage appartient à un « type de modelé » : premiers contreforts de l'Atacora, les plateaux gréseux, etc. (figure 1). On peut avoir plusieurs dizaines, voire quelques centaines de paysages dans une région (selon le drainage). Parfois appelé géosystème dans ce modèle, le paysage est découpé en segments paysagiques (ou géofaciès). Il est analysé par échantillonnage linéaire, selon une ou plusieurs séquences (figure 2).

b) le segment de paysage est une entité spatiale homogène du point de vue topographique, définissant sur une carte une facette topographique. Par exemple, segment supraèdre, métaèdre supérieur, etc.. Il existe quelques segments paysagiques par paysage, parfois une dizaine. Le segment paysagique est analysé par segments linéaires (à l'intersection des séquences), et entièrement découpé en géons. Il existe aussi des segments linéaires isolés, rattachés à des segments paysagiques.

c) le géon, entité spatiale homogène du point de vue du couple végétation-sol, est marqué par un type d'utilisation du sol. C'est l'unité paysagique élémen-

1.1. Partitioning the environment

The partitioning, according to the typological method, is based on the intrinsic organisations of the environment, organisations which have nested observation levels. We are aware of the partitioning of the environment (now a classic method among naturalists) into zones, domains and regions, according to climatic and physiographical criteria.

In this present article, lower rank organisations will be highlighted, that is to say, from the paysage level upwards. These were the subject of thorough methodological consideration during the design phase of the PAYSAGES software. Therefore, it can be seen that the software model representing the geographical information generated by the typological analysis method, is principally hierarchical. It has shown that there are three groups of entities linked by « father-son » type associations : spatial, point and linear entities.

1.1.1. Spatial entities

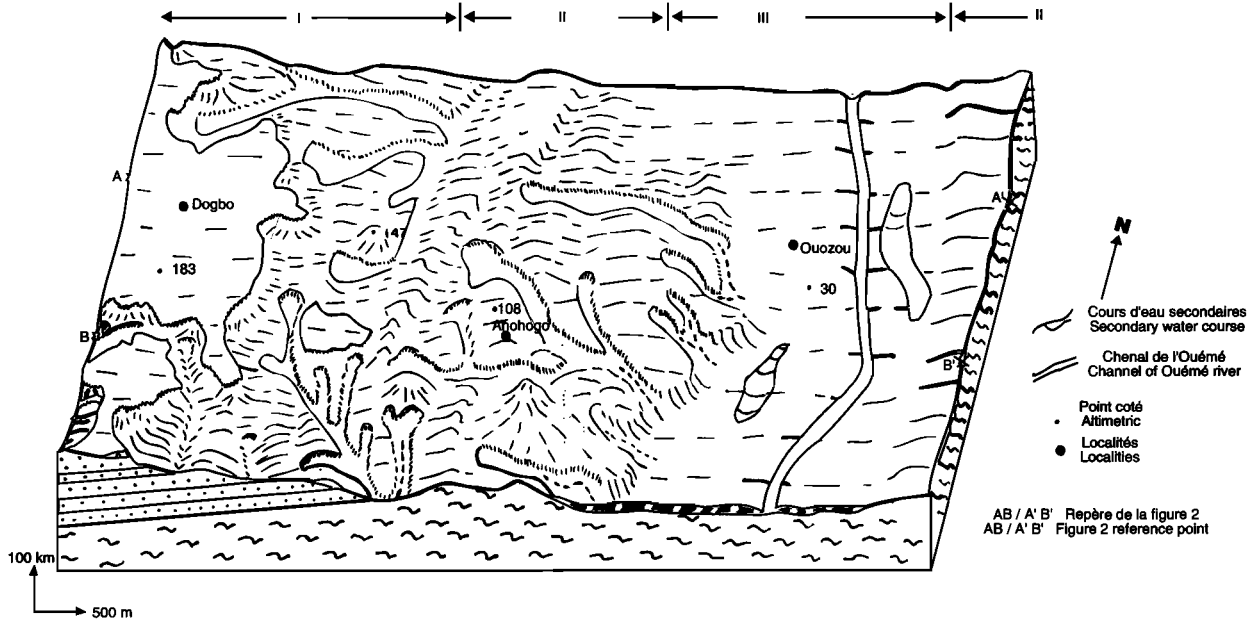
Spatial entities are any organisation or paysage unit having a geographical extension. The spatial entities are constituted by the enchainment : paysage, paysage segments, land units, geotopes (1).

a) the paysage is a homogeneous spatial entity both from a geomorphological and biogeographical point of view. It is always included in an elementary unit of relief (interfluvium, basin etc.). It is often designated by the name of a nearby agglomeration. For example in Benin, paysage of Baname indurated (sandy) residual plateau of Setto, etc.. A paysage belongs to a « model type » ; Atacora first foot-hills, the sandy plateaux, etc. (fig. 1). One can have several tens, even hundreds of paysage in a region (according to the drainage). In this model, sometimes called geosystem, the paysage is partitioned into paysage segments (or land facet). It is analysed by linear sampling, according to one or two sequences (fig. 2).

b) the paysage segment is a homogeneous spatial entity from a topographical point of view, defining a topographical facet on a map. For example, suprahedron, upper metahedron land facet, etc.. There are several paysage segments per paysage, sometimes ten or so. The paysage segment is analysed by linear segments (at the intersection of the sequences), and is entirely partitioned into land units. There are also isolated linear segments, linked to paysage segments.

c) the land unit, is a homogeneous spatial entity with respect to the vegetation-soil pair, marked by a type of soil use. It is the elementary paysage unit

(1) Au-dessus du niveau «paysage», on remonte dans la hiérarchie «régions, domaines, zones».
(1) Above the «paysage» level, one moves up in the «regions, domains, zones» hierarchy.



UNITES PAYSAGIQUES (modélé)	LANDSCAPE UNITS (relief)	FORMATIONS GEOLOGIQUES	GEOLOGICAL FORMATIONS
I	Plateau résiduel de Dogbo (Banamé) Dogbo residual de Dogbo (Banamé)		Alluvions récentes Recent alluvial deposits
II	Croupes subaplanies d'Ahoogbo Ahoogbo flattened crests (of arill)		Grès à ciment siliceux et/ou ferrugineux Sandstone with siliceous and/or ferruginous deposits
III	Grande Vallée de l'Ouémé Ouémé Grand Valley		Gneiss à biotite et pyroxènes, à trames migmatitiques Gneiss with biotite and pyroxenes, with migmatitic traces

Figure 1 : PAYSAGES MORPHOLOGIQUES DE CONTACT CRISTALLIN/SEDIMENTAIRE (Centre Bénin, Feuille Zagnanado NB-31-XXI-ID).
CONTACT CRYSTALLINE/SEDIMENTARY MORPHOLOGICAL LANDSCAPES (Benin Centre, Zagnanado sheet NB-31-XXI-ID).

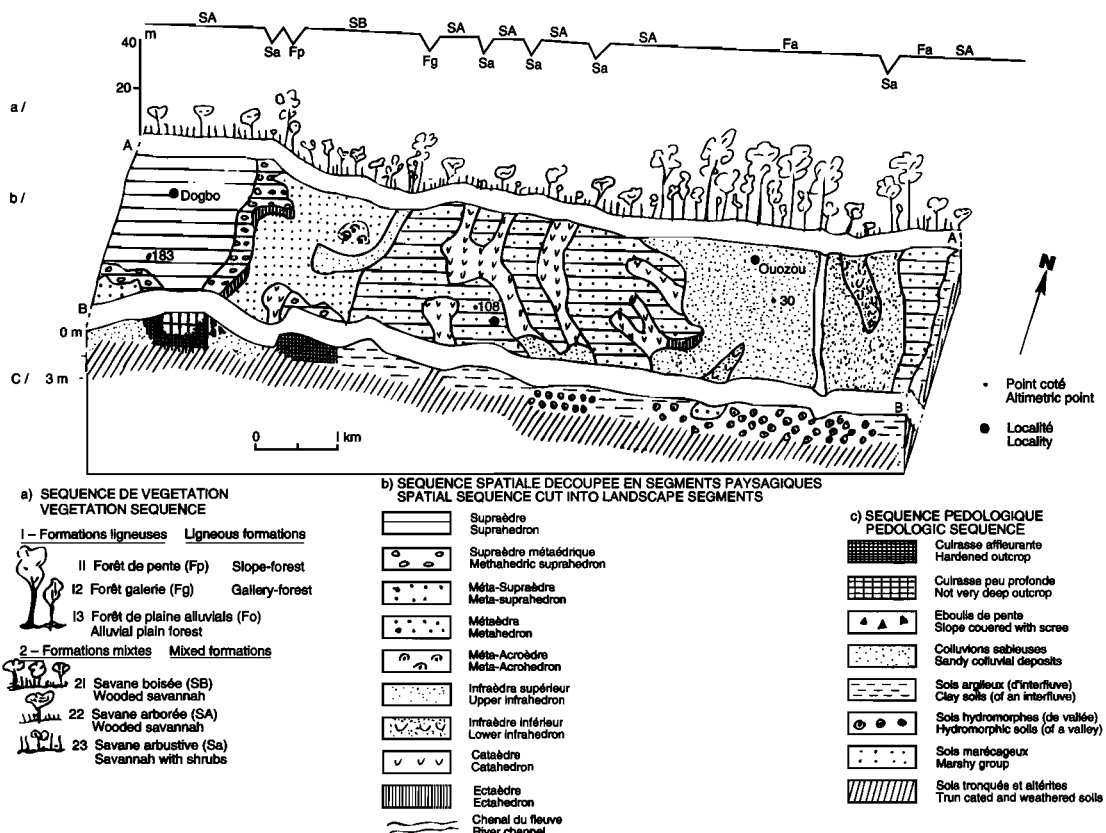


Figure 2 : SEQUENCES DE PAYSAGES DE DOGBO A OUOZOU.
SEQUENCES OF PAYSAGES TO DOGBO AT OUOZOU.

taire que l'on peut observer en différents états, saisonniers ou pluriannuels. Par exemple : géon de plantation aménagée, géon de cuirasse affleurante, etc. Il existe aussi des géons isolés, seulement rattachés à des segments paysagiques. Le géon est échantillonné par les géons linéaires (au droit des segments linéaires) et analysé par stations. Il couvre une surface de quelques centaines de m², à quelques hectares.

d) le géotope est aussi une entité spatiale. Semblable au géon, le géotope constitue un accident à l'intérieur de celui-ci, du point de vue du couple végétation-sol. Ses dimensions sont réduites (quelques m², parfois moins du m²), de sorte qu'il est représenté sur une carte par un point. Il existe aussi des géotopes isolés, seulement rattachés à des segments paysagiques. On fait au plus une station sur un géotope.

1.1.2. Entités ponctuelles

Les entités dites ponctuelles comprennent toutes les organisations repérables sur une carte par un point, appelé station. Ce groupe est composé de l'enchaînement holoplexion, hoplexion, hoplexol et corps naturel (figure 3). Il s'agit dans ce cas d'un empilement vertical, correspondant à un profil végétation-sol.

which can be observed in different states, seasonal or several yearly. For example : managed plantation land unit, hardened outcrop land unit, etc. There are also isolated land units, only linked to paysage segments. The land unit is sampled by linear land units (at right angles with the linear segments) and analysed by observation stations. It covers a surface varying from several square metres to several hectares.

d) the geotope is also a spatial entity. Similar to the land unit, the geotope constitutes an accident within this one, from the point of view of the vegetation-soil pair. It is smaller (a few square metres, sometimes less than a square metre), so it is represented by a point on a map. There are also isolated geotopes, only linked to paysage segments. A maximum of one observation station is made on a geotope.

1.1.2. Point entities

Entities said to be « point » include all the organisations identifiable by a point on a map, called observation station. This group is made up of the holoplexion, hoplexion, hoplexol and natural element enchainment (figure 3). In this case, it is a vertical piling-up, corresponding to a vegetation-soil profile.

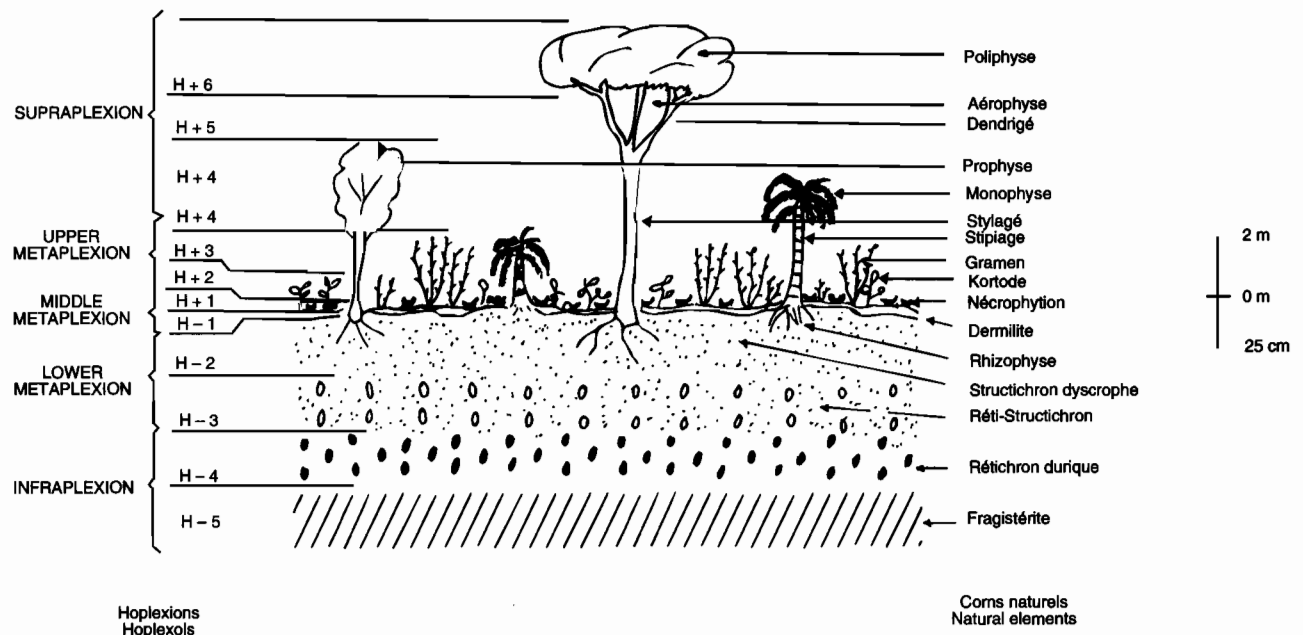


Figure 3 : SCHÉMA D'UNE HOLOPLEXION SUR SUPRAEDRE A DOGBO (relevé du 3/10/82 dans une friche récente, auteur : C.I. Houndagba).

SCHEMA OF A HOLOPLEXION BASED ON DOGBO SUPRAHEDRON (recording from 3/10/82 in recent waste land, writer : C.I. Houndagba).

a) l'holoplexion est dite encore relevé. Cette entité ponctuelle constitue un volume à développement vertical, structuré en couches ou enceintes horizontales (les hoplexols). Elle est identifiée par le numéro de station et la date du relevé.

b) l'hoplexion, en tant qu'entité ponctuelle, est une sous-unité majeure de l'holoplexion. On distingue, du toit de la végétation jusqu'à la roche, au maximum cinq hoplexions différentes dans une même holoplexion. Ce sont : la supraplexion, la métaplexion supérieure, la métaplexion stricte, la métaplexion inférieure et l'infroplexion. Les hoplexions sont composées d'hoplexols.

c) l'hoplexol est une enceinte élémentaire à développement latéral, homogène du point de vue de la composition en corps naturels. Cette entité est à rapprocher des horizons dans le sol et des strates de végétation au dessus de la surface. Les hoplexols sont notés (+) ou (-) par rapport à la surface du sol.

d) le corps naturel représente tous les objets qui composent le milieu, et dont on fait la description. On l'appelle aussi élément diagnostique ou composante du milieu. C'est l'entité de plus bas niveau du modèle logique de l'information biogéographique. Les corps naturels peuvent être associés entre eux, parce que dérivés d'un autre corps naturel (cette relation de filiation pouvant avoir plusieurs niveaux).

1.1.3. Entités linéaires

Elles sont représentées sur une carte par une ligne et ont, par conséquent, une extension latérale nulle. Ce groupe est constitué par l'enchaînement séquence, segment, géon, géotope. Il s'agit cette fois d'une segmentation qui n'a d'autre utilité que de servir à la description des organisations paysagiques traversées. Par exemple, la séquence de paysage, entité linéaire, est choisie à l'intérieur d'un paysage pour en faire la description. Il s'agit donc de la première réduction dimensionnelle nécessaire à l'échantillonnage de l'espace géographique. Souvent orientée selon une ligne de plus grande pente, elle est rectiligne ou brisée, voire fragmentée, en vue de couper un maximum de segments paysagiques. Parfois appelée transect ou toposéquence, elle est découpée en segments linéaires.

Le géon-ligne et le géotope-ligne constituent des éléments fictifs qui résultent de la méthode d'échantillonnage et qui complètent cet ensemble.

1.2. Etapes de la description

Les hiérarchies et les emboîtements ci-dessus définis sont conformes à la démarche analytique habituelle. Mais il convient de dire que l'on ne doit pas toujours envisager l'étude systématique de tous ces niveaux d'organisation paysagique. On pourra, selon les objectifs poursuivis et les moyens dont on dispose, se contenter d'une description superficielle des paysages, et n'effectuer que quelques relevés isolés ! C'est ce que l'on appelle encore les niveaux de diagnose.

a) the holoplexion is still called reading. This point entity is a volume with a vertical development, structured in layers or horizontal envelopes (the hoplexols). It is identified by the observation station number and the date of the reading.

b) the hoplexion, as a point entity, is a major sub-unit of the holoplexion. One can distinguish, from the top of the vegetation down to the rock, a maximum of five hoplexions in the same holoplexion. They are : the supraplexion, the upper metaplexion, the metaplexion, the lower metaplexion and the infroplexion. The hoplexions are made up of hoplexols.

c) the hoplexol is an elementary envelope with lateral development, which is homogeneous with respect to the composition of natural elements. This entity could be compared with soil horizon or vegetation data above the surface. The hoplexols are noted (+) or (-) in relation to the ground surface.

d) the natural element represents every object which makes up the environment, and which we therefore describe. It is also called diagnostic element or environment component. It is the lowest level entity of the biogeographical information logic model. Natural elements can be associated together, since they are derived from another natural element (this filiation relation may have several levels).

1.1.3. Linear entities

They are shown by a line on a map and so have zero lateral extension. This group is constituted by the enchainment sequence, segment, land unit, geotope. This time it is a segmentation which is only used to describe encountered paysage organisations. For example, the paysage sequence, a linear entity, is chosen within a paysage in order to describe it. It is therefore the first dimensional reduction needed for the sampling of the geographical space. Often orientated according to a line with the greatest slope, it is rectilinear or broken, even fragmented, to cut a maximum of paysage segments. Sometimes called transect or toposequence, it is partitioned into linear segments.

The land unit-line and the geotope-line constitute fictitious elements which result from the sampling method and which complete this set.

1.2. Stages in the description

The above hierarchies and the nestings are consistent with the normal analytical approach. But it must be remembered that it is not always necessary to systematically study all these paysage levels. One may, according to the objectives one is working towards and the means at hand, be satisfied with a superficial description of the paysage, only carrying out a few isolated recordings. This is what is still called the diagnosis levels.

La description des corps naturels et des organisations paysagiques respecte une démarche générale comportant plusieurs niveaux de diagnose emboîtés, allant du général au particulier, et qui représentent alors autant de niveaux de détail dans l'analyse. En prenant l'exemple des composantes du milieu, on distingue quatre diagnoses : fondamentale, primaire, secondaire et complémentaire. Mais avant tout cela, il importe de souligner l'intérêt des diagnostics satellitaires.

1.2.1. Diagnose satellitaire

Les informations recherchées sont des données géoréférencées, quel que soit le niveau d'observation auquel on se situe. De ce point de vue, la contribution de la télédétection est essentielle en tant que technique de collecte de ces données. Elle intervient à la fois dans l'identification et dans l'évaluation des différentes entités du système.

Toutes les entités spatiales de la méthode typologique depuis la zone (unité supérieure) jusqu'au segment inclus, sont identifiables sur images satellites ou sur photographies aériennes, sauf les segments en rupture de pente presque verticale. La résolution des images et le contraste des photos ne permettent pas d'y reconnaître le géon/géotope (unité spatiale inférieure). Pour les entités ponctuelles, en tant que volumes à développement vertical, les images n'enregistrent que la partie supérieure de l'holoplexion (toit de la végétation par exemple).

La répétitivité parfois grande des enregistrements par les capteurs permet la mesure des changements d'état des entités, ce qui est indispensable aux opérations de suivi écologique, et pour lesquelles la base (régulièrement mise à jour) peut être sollicitée.

1.2.2. Diagnose fondamentale

Elle prend appui sur les critères de dimensionnement des organisations externes aux composantes du milieu. Les diagnostics en jeu se rapportent à la caractérisation des différentes enceintes naturelles (holoplexions, hoplexions, hoplexols). Ils ont une valeur comparative (régionale ou locale) et interviennent autant avant l'analyse, en guise d'introduction ou d'aperçu rapide, qu'après l'analyse en guise de résumé ou de synthèse des observations.

1.2.3. Diagnose primaire

Elle porte sur la morphologie et la nature globale des composantes du milieu. Elle comprend plusieurs variantes majeures, pouvant s'attacher à chacune des composantes du milieu. Les diagnostics de ce niveau sont en nombre limité et doivent être tous inscrits, dans la mesure où ils constituent le canevas sur lequel viennent s'ajouter les termes de la diagnose secondaire et de la diagnose complémentaire. Ces diagnostics sont usuels et ont une valeur comparative, à la fois géographique et écologique.

The description of the natural elements and the landscape organisations, respects a general approach with several inter-related diagnosis levels, going from the general to the particular, and which therefore represent as many levels of detail in the analysis. For example, for the environment components, one can define four diagnoses : fundamental, primary, secondary and complementary. But before we go into this, the importance of satellite diagnostics must be highlighted.

1.2.1. Satellite diagnosis

The information researched is geo-referenced data, whatever the observation level needed. With respect to this, the contribution of remote sensing is essential as a means of collecting this data. It intervenes both in the identification and evaluation of the different entities which make up the system.

All the spatial entities of the typological method, from the zone (superior unit) up to and including the segment (apart from the almost vertical, step-like segments), can be identified on satellite images or aerial photographs. Due to image resolution and photographic contrast, the land unit/geotope (inferior spatial unit) cannot be identified. For the point entities, as volumes with vertical development, the images only record the upper part of the holoplexion (for example, the top of the vegetation).

The repeatedness (sometimes great) of the recordings by the captors enables changes in state of the entities to be measured. This is indispensable for ecological monitoring operations, which may need access to the data base (regularly updated).

1.2.2. Fundamental diagnosis

It is based on the sizing criteria of organisations which are external to the environment components. The diagnostics which are involved, are related to the characterization of different natural envelopes (holoplexions, hoplexions, hoplexols). They are of a comparative value (regional or local) and intervene equally before (introduction or brief outline) and after the analysis (summary or observation synthesis).

1.2.3. Primary diagnosis

It is based on the morphology and global nature of the environment components. It is made up of several major variables, which can be linked to each of the environment components. The diagnostics at this level are of a limited number and must all be noted, in so far as they constitute the « canvas » onto which the secondary and complementary diagnosis terms are added. These diagnostics are usual and are of both a geographical and ecological comparative value.

1.2.4. *Diagnose secondaire*

Elle caractérise les organisations internes propres aux composantes du milieu identifiées lors de la diagnose primaire. Les diagnostics ont une valeur descriptive subsidiaire et sont plus nombreux que les précédents. Ils ont aussi un intérêt plus universel : ils peuvent renseigner sur les principaux processus de formation et de mise en place des composantes du milieu.

1.2.5. *Diagnose complémentaire*

Elle traduit pour l'essentiel les formes individuelles et les états de surface propres aux agrégats et aux particules. Ces diagnostics sont très nombreux. Ils reprennent les termes de la description élémentaire usuelle et marquent pratiquement l'aboutissement des analyses de terrain, voire de laboratoire.

1.3. **Typologie des milieux naturels**

C'est en d'autres termes la réduction de l'information pour aboutir à la cartographie intégrée du milieu. Elle rassemble la typologie des entités spatiales et celle des entités ponctuelles.

Il faut aussi noter – et cela en insistant fortement – que cette réduction ne peut pas être brutale, sous peine de perdre des informations. On ne parviendra donc à une bonne synthèse qu'en passant par des synthèses partielles, intermédiaires.

1.3.1. *Démarche*

Après l'inventaire exhaustif des organisations paysagiques, la suite de la démarche typologique consiste donc à recomposer, de façon synthétique, ces organisations à partir d'une connaissance intime de leurs constituants.

Face à la nécessité de réduire sans grande perte les informations, l'usage d'une diagnose majeure est courant à certains niveaux de perception, comme par exemple l'hoplexol et l'hoplexion. Cette façon de traiter l'information est ici systématisée et généralisée à l'ensemble des unités paysagiques, en remontant dans la hiérarchie à partir de l'hoplexol. Elle prend appui sur la nature et l'importance relative des composantes du milieu en présence.

Toutefois, la typologie resterait incomplète si elle se fondait uniquement sur la seule diagnose majeure. Il est donc indispensable de prendre en considération la diagnose fondamentale (de dimensionnement).

Ainsi, la comparaison du contenu et du développement des enceintes et des enveloppes paysagiques permet de définir des entités plus ou moins homogènes, pouvant constituer des types, aussi bien au niveau des entités ponctuelles que des entités spatiales (2). Pour y parvenir, le recours a des

1.2.4. *Secondary diagnosis*

It defines the internal organisations characteristic of the environment components which were identified during the primary diagnosis. The diagnostics have a subsidiary descriptive value and are more numerous than the previous ones. They are also of a more universal interest : they can provide information on the main formation and positioning processes of the environment components.

1.2.5. *Complementary diagnosis*

It mainly signifies the individual forms and surface states, characteristic of aggregates and particles. These diagnostics are very numerous. They take up again usual elementary description terms and in practice, mark the outcome of field and even laboratory analyses.

1.3. **Typology of natural environments**

This is the reduction of information to obtain an integrated map of the environment. It brings together the typology of the spatial and point entities.

It must also be stressed, that this reduction must not be carried out in an abrupt manner, otherwise information may be lost. A good synthesis is only achieved by going through partial and intermediary syntheses.

1.3.1. *Procedure*

Following a detailed survey of the paysage organisations, the typological procedure then consists of recomposing in a synthetic manner, these organisations from detailed knowledge of their components.

Faced with the need to reduce information, but with minimum losses, the use of a major diagnosis is common practice at certain perception levels, for example, at the hoplexol and hoplexion levels. This manner of processing information has been systematically and generally applied here to all the paysage units, moving up in the hierarchy from the hoplexol. It is based on the nature and relative importance of the environment components which are present.

All the same, the typology would remain incomplete if it was only based on one major diagnosis. It is therefore indispensable to take the fundamental diagnosis (of sizing) into account.

Therefore, the comparison of the contents and development of the envelopes and paysage envelopes, enables more or less homogeneous entities to be defined, enabling types to be constituted, both at the point level as well as the spatial entities level (2).

(2) Dans la pratique, deux voies s'ouvrent à l'utilisateur, la démarche inductive (Tchiboza, 1981) et la démarche déductive (Houndagba, 1984). La première part de la diagnose majeure (c'est-à-dire du contenu pour aller au contenant), alors que la seconde, déductive, part de la diagnose fondamentale (du contenant au contenu).

(2) In practice the user has the choice of 2 procedures, inductive approach (Tchiboza, 1981), and the deductive approach (Houndagba, 1984). The first starts from the major diagnosis (contents to container) whereas the second deductive starts from the fundamental diagnosis (container to contents).

méthodes graphiques et à des traitements statistiques (multivariés) s'avère indispensable, compte tenu de la masse d'information recueillie à chaque niveau de description : l'informatique devrait faciliter, voire généraliser le recours à ces traitements.

1.3.2. Expression des résultats

Les résultats du traitement de l'information se présentent sous des formes variées, suivant le but et l'échelle de l'étude, ainsi que les entités concernées. En général, les entités ponctuelles (voire linéaires) sont exprimées sous forme de tableaux ou de graphiques, tandis que les entités spatiales sont restituées sous forme cartographique, et quelquefois de tableaux.

De telles cartes sont dites « cartes intégrées du milieu naturel ». Leur technique repose, d'une part, sur la caractérisation des enveloppes paysagiques susceptibles d'être restituées aux échelles cartographiques usuelles (paysages, segments de paysage) et, d'autre part, sur l'analyse et la définition des différents types de milieux susceptibles d'être projetés sur chacune des unités cartographiques obtenues (géon, états du milieu ou holoplexion, voir *figure 4*).

Face à un problème d'aménagement, l'interprétation des diagnostics typologiques permet de proposer des réponses pouvant donner lieu à des cartes dérivées (thématiques). La démarche de cette cartographie dérivée est résumée sur la *figure 5*.

Cependant, en utilisant tous les niveaux d'emboîtement et les différentes étapes de description on se retrouve à l'échelle d'une station avec une masse considérable d'information, dont la gestion pose problème. Par exemple, pour les paysages d'« Abomey-Zagnanado » (Houndagba, 1984), il a fallu 335 variables (avec leurs modalités) réparties sur dix niveaux de perception pour constituer un fichier de données.

La présente étude a encore considérablement augmenté le nombre des paramètres d'investigation à prendre en compte en vue de constituer une base de données plus précise sur l'environnement biophysique Ouest-Africain. C'est donc pour faciliter la collecte, la validation et le traitement de ces données que la mise en place d'un logiciel est nécessaire.

2. OBJECTIFS ET BÉNÉFICES ATTENDUS

Le projet de développement de ce logiciel répond à une nécessité qui a été progressivement identifiée et plusieurs fois exprimée, notamment au cours d'un séminaire récent à Dakar. Les objectifs poursuivis avec ce programme sont multiples.

2.1. Objectifs

La double finalité du programme commun (ORS-TOM-UNB) consiste dans la réalisation d'un logiciel. Celui-ci permettra à la fois d'automatiser une partie

To achieve this, graphical methods and statistical processing (multivariate) is indispensable, due to the mass of information gathered at each description level : computers should facilitate, even generalize the recourse to these procedures.

1.3.2. Presentation of the results

The results from the data processing take on various forms according to the aim and scale of the study, as well as the entities involved. In general, the point entities (even linear) are expressed in a tabular or graphical form, whereas the spatial entities are restored as a map, or sometimes as tables.

Such maps are called « integrated maps of the natural environment ». Their technique is based, on the one hand, on the definition of the paysage envelopes which can be restored at normal cartographic scales (paysage, paysage segments) and, on the other hand, on the analysis and definition of the different types of environment which can be projected onto each one of the obtained cartographic units (land unit, environment states or holoplexion, see *fig. 4*).

Faced with a management problem, the interpretation of the typological diagnostics enables suggestions to be made which could lead to derivative maps (thematic). The procedure for derivative mapping is summarized in *fig. 5*.

However, by using all the nesting levels and the different description stages, we end up at the scale of an observation station, with a considerable mass of information, which is difficult to manage. For example, to build a data file for the « Abomey-Zagnanado » paysage (Houndagba, 1984), 335 variables (with their modalities) distributed over ten perception levels were needed.

The present study has considerably increased the number of investigation parameters needed to be taken into account in order to construct a more precise data base for the West African biophysical environment. Therefore software had to be elaborated to facilitate the collection, validation and processing of this data.

2. OBJECTIVES AND EXPECTED BENEFITS

This software was developed to answer a need which had been progressively identified and expressed several times, notably during a recent seminar held in Dakar. The objectives pursued with this programme are numerous.

2.1. Objectives

The double finality of the common programme (ORSTOM-UNB) is the realisation of software. This will enable some of the tasks which intervene in the

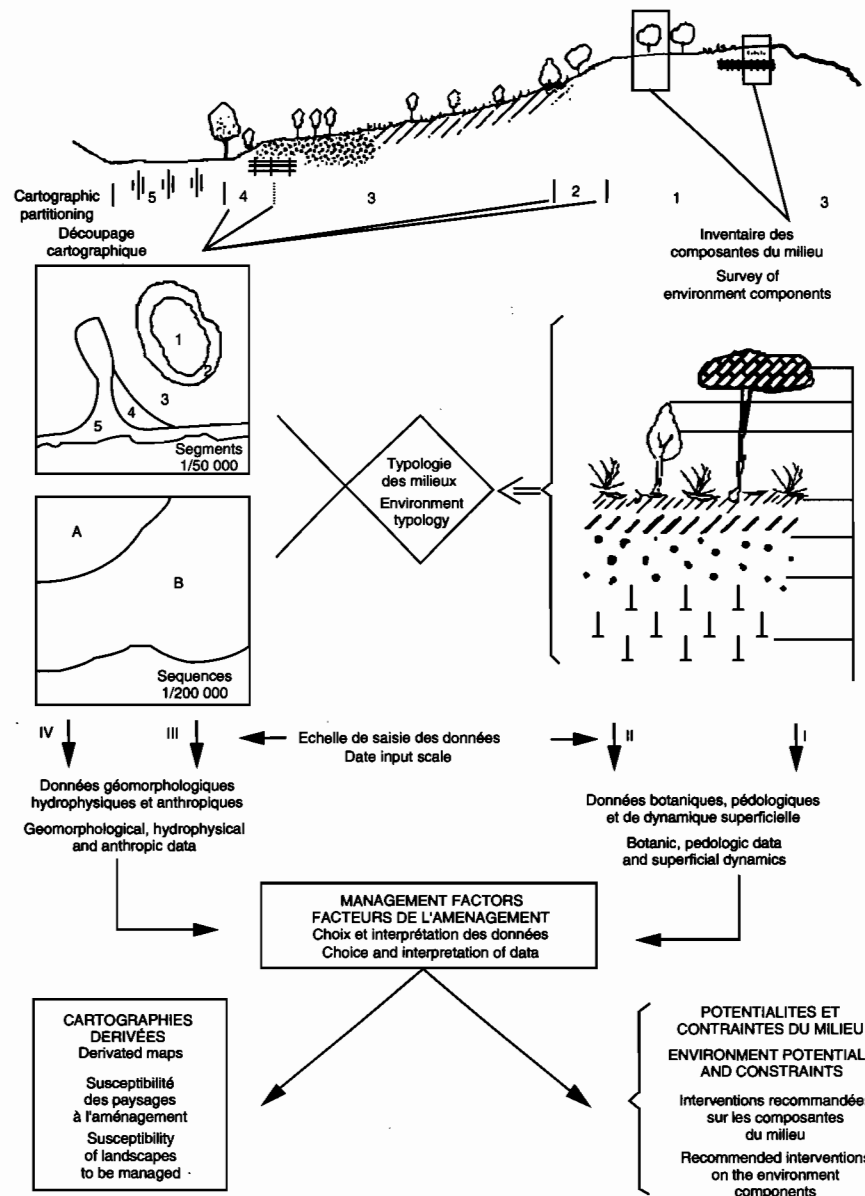


Figure 4. – **ORGANIGRAMME DE LA CARTOGRAPHIE INTÉGRÉE DU MILIEU NATUREL (Richard, 1989).**
ORGANIGRAM OF INTEGRATED MAPPING OF THE NATURAL ENVIRONMENT (Richard, 1989).

des tâches qui interviennent dans la mise en œuvre de la description des paysages par la méthode de l'analyse typologique et de capitaliser les observations correspondantes. Initialement, les principaux objectifs sont les suivants :

- permettre et faciliter la saisie directe sur le terrain des informations collectées au cours des relevés, tout en autorisant certaines critiques et vérifications de données, ainsi que des restitutions élémentaires de synthèse et de contrôle ;

- permettre de compléter ces informations par la saisie de données obtenues au laboratoire, que ce soit antérieurement ou postérieurement aux campagnes de terrain, avec des possibilités de contrôle, mise à jour et homogénéisation de l'ensemble des informations collectées, et vérification de la cohérence de celles-ci à chacun des niveaux hiérarchiques de perception du milieu ;

implementation of paysage description, using the typological analysis method, to be computerized. It would also enable corresponding observations to be capitalized. Initially, the principal objectives were :

- to enable and to facilitate direct capture in the field acquisition of data collected during readings, while authorizing certain criticisms and validations of data, as well as elementary synthesis and control restorals ;

- to enable this information to be completed by the acquisition of data obtained in the laboratory, either before or after the field campaigns, with control possibilities, up-dating and homogenization's of all the data collected, and verification of its coherence at each hierarchical level of environment perception ;

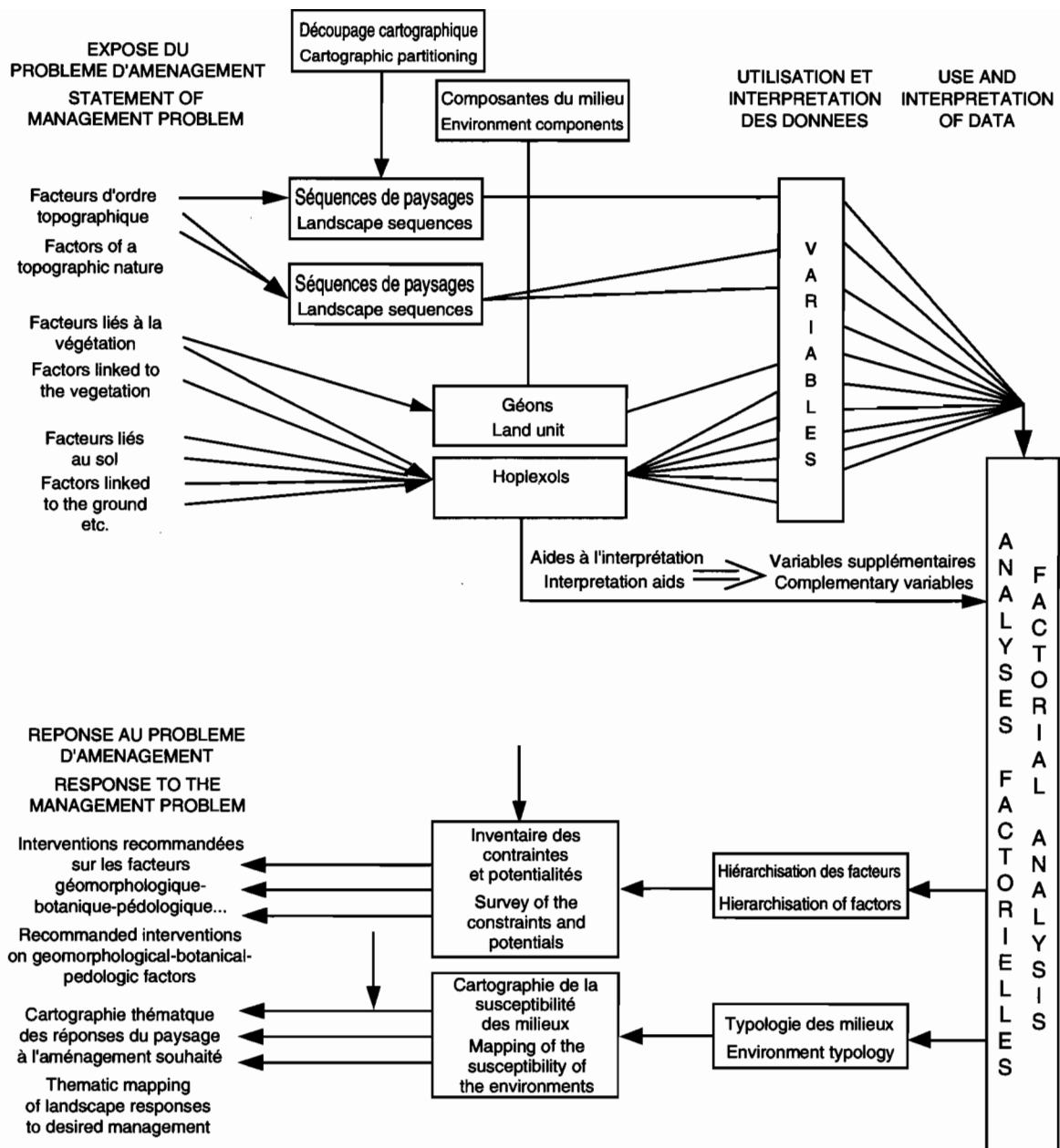


Figure 5. – **ORGANIGRAMME DE LA CARTOGRAPHIE DÉRIVÉE (Richard, 1989).**
ORGANIGRAM OF DERIVATED MAPPING (Richard, 1989).

– promouvoir la constitution d'une base de données locale, correspondant aux observations effectuées dans le cadre d'une étude régionale ;

– rendre possible un certain nombre de traitements sur ces données (extractions sélectives, restitutions simples ou cartographiques, études utilisant des procédés de statistique descriptive ou d'analyse multivariée, etc.), essentiellement dans le but d'aider à leur interprétation et à leur exploitation pour répondre, par exemple, à des questions d'aménagement ;

– favoriser l'utilisation comparative des observations traitées à l'aide de ce logiciel par plusieurs équipes sur divers projets, en autorisant la mise en commun de ces informations dans une éventuelle base de données centrale.

– to encourage the building of a local data base, corresponding to the observations carried out within the framework of a regional study ;

– to enable a certain number of processing operations to be carried out on this data (selective extracting, simple or cartographic restorals, studies using descriptive statistical procedures or multivariate analysis etc.), the exploitation and interpretation of this data being used to respond to, for example, management questions ;

– to encourage the comparative use of observations processed using this software, by several teams working on various projects, authorizing this information to be pooled into an eventual central data base.

L'ensemble de ces fonctionnalités doit être fourni en s'accompagnant d'un certain nombre d'éléments de « confort » pour les utilisateurs potentiels :

– en ce qui concerne la souplesse d'utilisation, il permettra aux responsables de projets de choisir les paramètres à observer et à conserver, en fonction des objectifs poursuivis. Bien entendu, les contraintes imposées par la structure intrinsèque de l'information géographique devront toujours être respectées ;

– en ce qui concerne la terminologie, il autorisera l'utilisation du vocabulaire choisi par l'utilisateur. Ce vocabulaire devra évidemment obéir à des règles élémentaires (unicité de vocable pour un même concept par exemple). Dans le cas où le langage transdisciplinaire mis au point par les concepteurs de la méthode serait utilisé, une certaine compatibilité sera alors assurée ;

– en ce qui concerne la forme, il sera suffisamment convivial pour être attrayant, même pour une personne non familiarisée avec l'informatique, tout en garantissant la sécurité des informations stockées.

2.2 Justificatifs et bénéfices

L'étude de quelques expériences antérieures montre que le traitement des données collectées à l'occasion des études d'analyse du milieu peut difficilement être envisagé sans l'appoint de l'informatique. Ainsi, et bien que les chiffres soient très variables d'un cas à l'autre, on compte en moyenne une à deux séquences par paysage, quatre à cinq segments par séquence, souvent deux relevés par segment, une dizaine d'hoplexols par relevé et en moyenne huit corps naturels par hoplexol. Dans ces conditions, l'étude régionale déjà citée (Houndagba, 1984), en identifiant dix-neuf paysages, a conduit à plus de 70.000 données élémentaires !

Les premiers traitements ont été réalisés sur gros système à Paris, compte tenu de la disponibilité d'un logiciel adapté pour la circonstance, à partir d'un système d'information plus général (Aubry et al., 1984). Cette voie a dû être abandonnée car des problèmes d'accès depuis l'Afrique se sont posés, lesquels n'auraient pu être résolus même avec un simple transfert du logiciel. De plus, cet ancien logiciel ne répondait pas à la totalité des objectifs définis ci-dessus.

Le projet de développement d'un outil de traitement décentralisé des données géographiques collectées sur le terrain, qui a été élaboré (Aubry et al., 1989), répond ainsi à la demande formulée par une équipe de géographes physiciens de « gestion de l'environnement biophysique ouest-africain » (M'Bow et Richard, 1988).

Quelques bénéfices secondaires sont également attendus de ce travail de développement :

– la consolidation d'un certain nombre de concepts nouveaux de la biogéographie, à partir de la mise au point du système dans un premier temps, de son utilisation plus ample dans un second temps ;

All these functionalities must be provided along with a certain number of « comfort » elements for potential users :

– as far as use flexibility is concerned, it will enable project leaders to select which parameters to observe and preserve, as a function of the pursued objectives. Of course, the constraints imposed by the intrinsic structure of the geographical information should always be respected ;

– as far as the terminology is concerned, it will enable the user to choose the vocabulary to be used. This vocabulary must of course obey certain elementary rules (for example, vocable unicity for the same concept). When the transdisciplinary language perfected by the method designers is used, a certain compatibility will be then guaranteed ;

– as far as the form is concerned, it will be sufficiently convivial to be engaging, even for a person who is not familiar with computing, while guaranteeing the security of stored information.

2.2. Justifications and Benefits

The study of some earlier experiments has shown that the processing of data collected during studies of environment analysis, cannot be easily envisaged without computer back-up. Therefore, although the figures are very variable from one case to the next, one can count, on average, one to two sequences per landscape, four to five segments per sequence often two readings per segment, ten or so hoplexols per reading and on average, eight natural elements per hoplexol. Under these conditions, the regional study quoted above (Houndagba, 1984), when identifying nineteen landscape, has led to more than 70,000 elementary data !

The first processing operations were carried out on big system in Paris, due to the availability of software adapted for the circumstance, from a more general computing system (Aubry and Al., 1984). This path had to be abandoned since problems arose concerning access from Africa, which would not have been resolved even with a simple software transfer. Moreover, this old software did not respond to all the objectives defined above.

The development project of a decentralized processing tool for geographical data collected in the field, which has been elaborated (Aubry and Al., 1984), therefore responds to the need formulated by a team of physical geographers, « management of the West-African biophysical environment » (M'Bow and Richard 1988).

Some secondary benefits are also expected from this development work :

– consolidation of a certain number of new biogeographical concepts, firstly from the perfection of the system, then from its wider use ;

– la familiarisation progressive de certains géographes avec l'outil informatique, par le biais de l'exploitation d'un logiciel spécialement conçu pour répondre à certaines de leurs principales préoccupations.

C'est néanmoins surtout dans un souci de diffusion de la méthode auprès des géographes physiques, principalement africains, que le logiciel est développé. En effet, en constituant un véhicule d'enseignement en même temps qu'un support quasiment indispensable pour la mise en œuvre de la méthode de description des paysages, il devient un atout supplémentaire particulièrement prisé et, partant, un argument majeur pour l'adoption de la méthodologie à laquelle il obéit.

2.3. Recherche documentaire

Avant d'envisager la réalisation d'un logiciel d'application spécifique, l'équipe a entrepris une recherche documentaire dont l'étape essentielle a été une interrogation de bases de données documentaires, accessibles par le serveur DIALOG. Parmi les bases spécialisées sur le sujet, les fichiers BIOSIS et NTIS ont fourni les références les plus pertinentes, lors de l'interrogation croisée avec les mots-clefs « databank » et « physical geography ». Toutefois, les articles listés concernent essentiellement des systèmes de cartographie informatisée.

L'extension de la recherche avec le terme « biogeography » donne principalement des références complémentaires sur les herbiers. L'utilisation du terme « environment » fait dévier la recherche sur des systèmes à dominante chimique (contaminants, toxicologie). L'équipe n'a pas trouvé d'application semblable à PAYSAGES dans toutes ces références.

3. REALISATION

Pour la réalisation de ce travail, dont l'une des caractéristiques originales est de faire appel à une collaboration effective d'informaticiens et de géographes, on a choisi d'utiliser une méthode déjà éprouvée de développement de logiciels (Séchet, 1988). Celle-ci comporte trois étapes distinctes : conception, implémentation et mise en œuvre. Au moment de la rédaction de cet article, l'étape de conception a été franchie et la phase d'implémentation a débuté.

Chaque étape produit une documentation qui sert d'information de base pour l'étape suivante. Ainsi, un dossier de conception détaillée est réalisé à l'issue de la première étape, tandis que la deuxième fournit la documentation d'analyse et les manuels d'utilisation. Enfin, c'est dans la dernière phase que la base de données est alimentée.

– certain geographers becoming progressively familiarised with this information processing tool, by using software specially developed to respond to some of their main activities.

Nevertheless, the software was developed to encourage physical geographers, mainly in Africa, to use this method. In fact, being both a teaching medium as well as an almost indispensable support for implementing the paysage description method, it has become a greatly valued complementary asset and consequently, a major argument for the adoption of the methodology it obeys.

2.3. Documentary research

Before starting to develop specific applicational software, the team undertook documentary research. The most important step was the interrogation of documentary data bases, accessed via the DIALOG server. Among the bases specialized on this subject, the BIOSIS and NTIS files provided the most pertinent references during matching, with « databank » and « physical geography » key words. However, the articles which were listed were mainly about computerized cartographic systems.

The research was extended with the term « biogeography » ; this mainly provided supplementary references about herbariums. When the term « environment » was used, research was deflected into systems principally dealing with chemistry (contaminates, toxicology). In all these references, the team did not come across a similar application to PAYSAGES.

3. REALISATION

To carry out this work, one of whose original characteristics is the collaboration between computer specialists and geographers, we decided to use a method which had already been tested for software development (Sechet, 1988). This method has three phases : design, implementation and application. When this article was written, the design phase had been completed and the implementation phase had begun.

Documentation is produced at each phase, which provides us an information base for the next phase. Therefore, a detailed design file is drawn up at the end of the first phase, whereas the second phase provides the analysis documentation and the user manuals. The data base is loaded during the last phase.

Une telle méthode représente un investissement important, notamment au point de vue temps, qui se justifie surtout pour des projets originaux, complexes et stratégiques pour une discipline. En effet l'intérêt d'adopter un processus rigoureux et cohérent pour la mise au point du logiciel, plutôt que la démarche plus empirique de prototypage (beaucoup plus fréquente, surtout dans le domaine scientifique), est triple :

- grâce au langage graphique normalisé qu'il met en œuvre, il autorise une participation effective des non-informaticiens durant l'étape stratégique de conception. De cette façon, il est possible de réaliser un travail plus collectif et donc forcément d'intérêt plus général que ceux que l'on rencontre le plus souvent et qui résultent d'un effort individuel de scientifiques autodidactes en informatique ;

- l'élaboration d'un document de conception complet nécessite un temps assez long, indispensable pour une réflexion en profondeur, mais aussi propice à une harmonisation des points de vue des membres de l'équipe, thématiciens ou informaticiens. Ce délai est favorable à un mûrissement des concepts, des idées, des objectifs, des processus, etc., avant de se plonger dans l'étape très absorbante de l'analyse organique et de la programmation, qui s'accommode alors très mal d'une remise en cause de ces mêmes notions ;

- la disponibilité des documents de conception et d'analyse, est propice à un travail partagé au niveau de la codification, voire à la sous-traitance de certains modules.

En tout état de cause, par la réflexion approfondie qu'il consigne, le dossier de conception ainsi réalisé présente une valeur intrinsèque, indépendamment de la réalisation du logiciel lui-même.

3.1. Aspects conceptuels

Selon la méthode d'analyse structurée des systèmes (Gane et Sarson, 1979), l'étape de conception comporte trois parties qui se succèdent : la modélisation de l'information, l'analyse fonctionnelle et la description des flux. Là aussi, le résultat obtenu à l'issue de chaque phase est utilisé comme point de départ de la suivante.

L'ensemble de la conception est menée par la totalité de l'équipe, informaticiens et géographes réunis. Elle doit donc utiliser un langage qui permette à ces différents spécialistes de dialoguer : c'est pourquoi elle s'appuie beaucoup sur des schémas et représentations graphiques.

Such procedure represents a significant investment, notably the amount of time involved. This is especially justified for original projects, complex and strategic for a domain. In fact, the advantage of adopting such a rigorous and coherent process to perfect software, rather than the more empirical prototype approach (far more frequent, especially in the scientific domain), is three fold :

- due to its standardized graphic language, it enables non-computer people to participate effectively during the strategic design phase. In this way, it is possible to collaborate more closely and so of more general interest than one often encounters, which is the result of individual scientific effort and who is self-taught in computing ;

- the elaboration of a complete design document takes a fairly long time, it has to be thoroughly thought out and the different points of view of team members, thematians or computer experts, can be harmonized. This delay enables concepts, ideas, objectives, processes, to be given mature deliberation etc., before beginning the very absorbing organic analysis and programming stage, since it is difficult to re-adjust notions during this stage ;

- the availability of design and analysis documents, is favourable to work sharing at the codification level, even out-sourcing of certain modules.

In any case, due to the thorough reflection it requires, the design file when drawn up is of intrinsic value, independently of the software itself.

3.1. Design aspects

According to the structured analysis method of systems (Gane and Sarson, 1979), there are three steps in the design stage which follow on from each other : information modelization, functional analysis and flow description. There too, the result obtained at the end of each phase is the starting point for the next one.

The design was carried out by the whole team, made up of computer experts and geographers. It must therefore use a language which will enable these different specialists to dialogue : this is why it is largely based on schemas and graphical representations.

3.1.1. Modélisation de l'information

La modélisation consiste à identifier les objets, encore appelés entités, impliqués dans le système, ainsi que les relations existantes entre objets de nature différente. Ceci permet de préciser la structure logique de la future base de données en termes de ses principaux fichiers. Pour le logiciel Paysages, la modélisation qui correspond au découpage du milieu (Cf. 1.1) conduit au diagramme « entités-associations » présenté sur la *figure 6*, en utilisant un mode conventionnel de représentation (les entités sont symbolisées par des rectangles et les associations par des flèches doubles).

La complexité de la structure logique de l'information apparaît immédiatement : on note cependant une allure générale hiérarchique, pour laquelle on distingue une quinzaine d'entités. L'intérêt de cette décomposition réside dans la propriété fondamentale du modèle hiérarchique, selon laquelle les attributs de l'entité-père s'appliquent automatiquement à l'entité-fils (et donc à toutes ses occurrences). Par exemple, les caractéristiques climatiques de la zone s'appliquent à tous les domaines définis dans cette zone, ce qui constitue en quelque sorte une mise en commun (élimination des redondances et donc garantie d'intégrité).

En première approximation, et comme exposé dans la première partie de ce document, il est possible de regrouper les entités identifiées pour le système suivant trois classes :

- les entités spatiales, allant de la zone au géon/géotope, qui s'emboîtent les unes dans les autres pour représenter une partition géographique progressive de l'espace. C'est le niveau supérieur de la hiérarchie du découpage ;

- les entités linéaires, essentiellement au niveau de la séquence et du segment. Le passage des entités spatiales aux entités linéaires correspond à une première réduction dimensionnelle due à l'échantillonnage prévu par cette méthode d'analyse ;

- les entités ponctuelles, qui se construisent verticalement du corps naturel à la station, au niveau le plus fin de l'analyse du milieu. Le passage du linéaire au ponctuel constitue le second saut d'échantillonnage, symbolisé sur le graphique par un décrochement vers la droite du modèle.

Le diagramme met aussi en évidence un certain nombre d'éléments qui n'obéissent pas à la philosophie générale hiérarchique, représentative de la perception par décompositions successives du milieu. Ces particularités traduisent l'influence de plusieurs facteurs distincts :

- on représente les paramètres globalement caractéristiques de l'étude par une entité spatiale susceptible de « glisser » le long de la partie supérieure de la hiérarchie (de la zone au paysage). Ceci permet de tenir compte du fait que l'aire de travail peut varier considérablement d'une étude à l'autre ;

3.1.1. Information model-building

Model-building consists of identifying objects, still called entities, involved in the system, as well as the existing relations between objects which are of a different nature. This enables the logic structure of the future data base to be specified in terms of its principal files.

For the Paysages software, the model-building which corresponds to the partitioning of the environment (see 1.1) leads to an « entities-association » diagram shown in *fig. 6*, using a conventional representation mode (the entities are symbolized by rectangles and the associations by double arrows).

The complexity of the information logic structure immediately becomes clear : one can however note a hierarchical general aspect, for which fifteen entities can be defined. The advantage of this analysis lies in the fundamental property of the hierarchical model, where the attributes of the « father-entity » automatically apply to the « son-entity » (and therefore to all its occurrences). For example, the climatic characteristics of the zone, apply to all the domains defined within this zone, which constitutes a type of pooling (elimination of redundancies and therefore integrity guarantee).

As a preliminary approximation and as described in the first part of this article, it is possible to group together the entities identified for the system according to three classes :

- the spatial entities, going from the zone to the land unit/geotope, which are hierarchically inter-related to represent a progressive geographical partition in space. This is the superior level of the partitioning hierarchy ;

- the linear entities, mainly at the sequence and segment level. The change of spatial entities into linear entities corresponds to a first dimensional reduction due to the sampling by this analysis method ;

- the point entities, which are built up vertically from a natural element to the observation station, at the most detailed level of the environment analysis. The change from linear to point constitutes the second sampling leap, symbolized on the graph by an indentation towards the right of the model.

The diagram also illustrates a certain number of elements which do not obey the hierarchical general philosophy, representing the perception of the environment by successive analyses. These particularities signify the influence of several distinct factors :

- the globally characteristic parameters of the study are represented by a spatial entity which can « slide » along the superior part of the hierarchy (from the zone to paysage). This enables the fact that the work area can vary considerably from one study to the next to be taken into account ;

PAYSAGES – TRAITEMENT DES DONNEES D'ANALYSE DE PAYSAGES
(Diagramme Entités-Relations)
LANDSCAPE – PROCESSING OF LANDSCAPE ANALYSIS DATA
(Entities-Relations diagram)

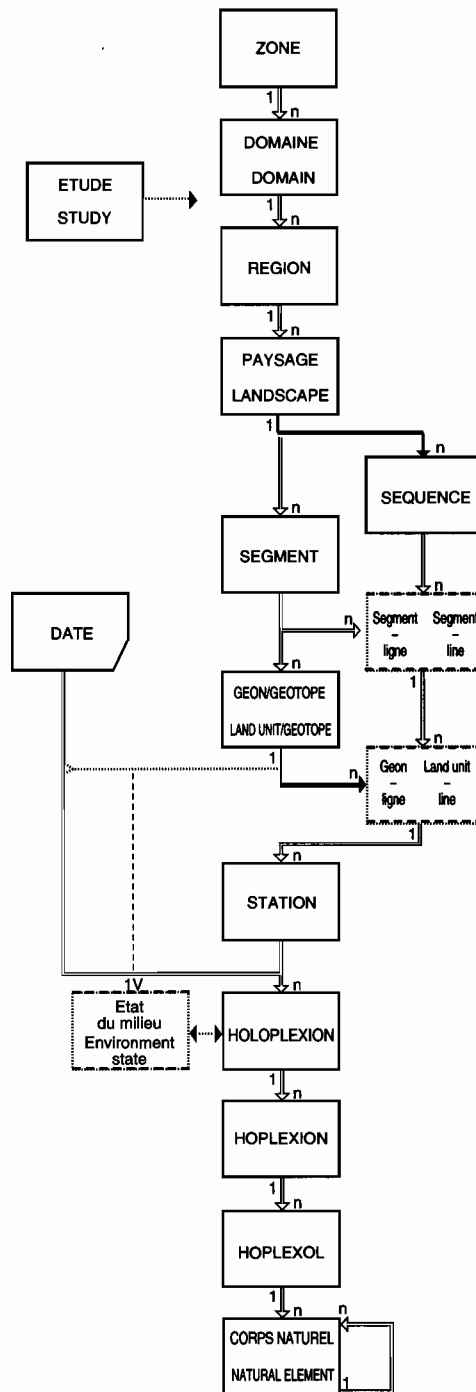


Figure 6. – **STRUCTURE LOGIQUE DE L'INFORMATION POUR PAYSAGES.**
LOGIC STRUCTURE OF INFORMATION FOR PAYSAGES.

– le couple d'entités « type de relief – type de modelé » a été identifié pour représenter une classification géomorphologique des paysages, qu'elle soit générale ou seulement au niveau de l'étude. D'autres classifications (par exemple, par terroirs) pourraient être représentées de la même façon par une (ou plusieurs) entité (s) placée (s) au dessus du paysage et selon une hiérarchie dissociée de la hiérarchie principale spatiale ;

– the pair of entities « relief type - relief forms » has been identified to represent a geomorphological classification of paysage, whether it is general or only at the study level. Other classifications (for example, by soils) could be represented in the same manner by one (or several) entity (ies) placed above the paysage and according to a hierarchy dissociated from the spatial principal hierarchy ;

PAYSAGES. – TRAITEMENT DES DONNEES D'ANALYSE DE PAYSAGES (DFD, niveau 0)
 LANDSCAPES. – PROCESSING OF LANDSCAPE ANALYSIS DATE (DFD, level 0)

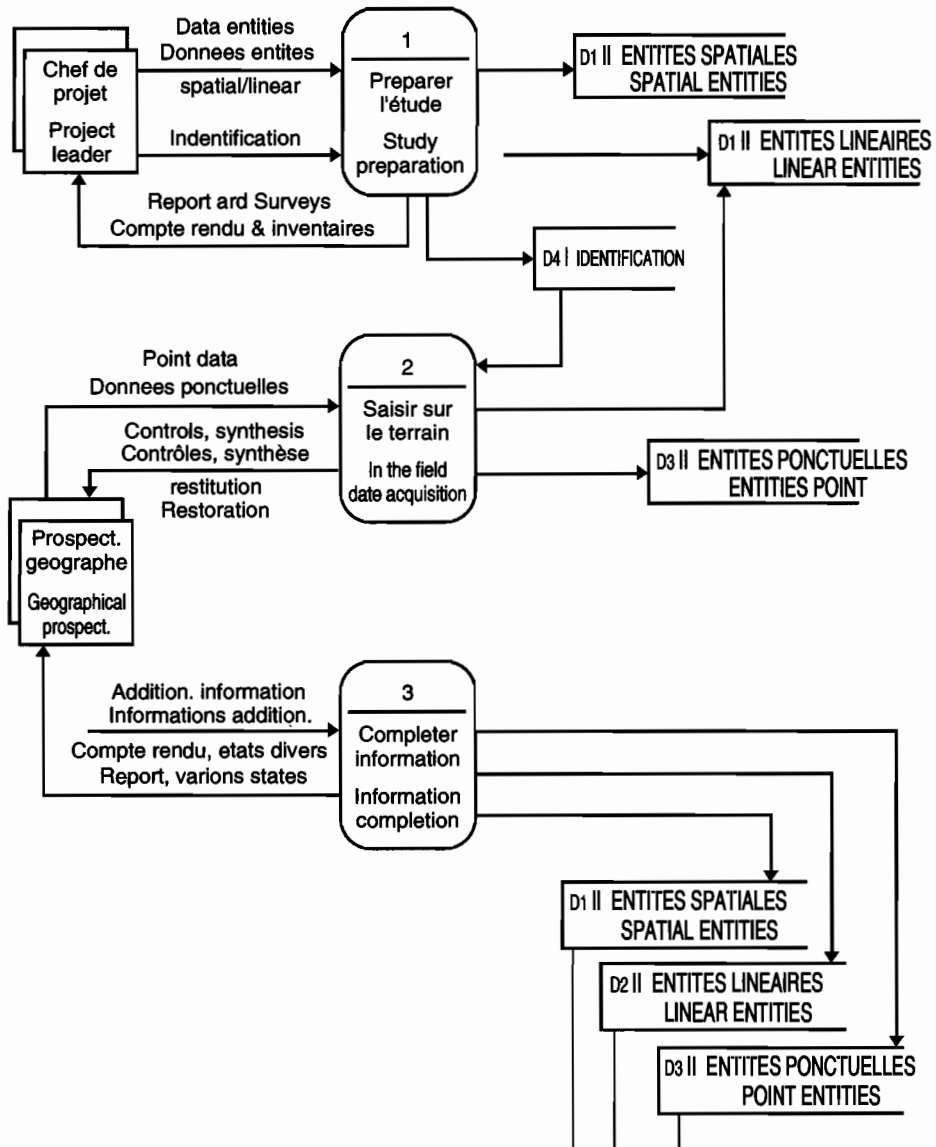


Figure 7. – EXTRAIT DU DIAGRAMME DE CONTEXTE DE PAYSAGES.
 EXTRACT FROM THE CONTEXT DIAGRAM PAYSAGES.

– la dimension temporelle a été prise en compte au niveau du géon comme au niveau de la station. Ainsi l'état du milieu constitue l'observation du géon/géotope à une saison donnée, comme l'holoplexion (ou relevé) est la description de la station à une date déterminée. D'un point de vue théorique, cette intégration du temps est parfaitement satisfaisante, même si, dans la pratique, elle n'est utilisée que dans certaines études ;

– au niveau du corps naturel (encore appelé élément diagnostique) une relation en boucle permet de symboliser l'existence d'autres corps associés à ce corps naturel ;

– the temporal dimension has been taken into account at the land unit as well as observation station level. Therefore, the state of the environment constitutes the observation from the land unit/geotope for a given season, like the holoplexion (or reading) is the observation station description at a fixed date. From a theoretical point of view, this time integration is perfectly satisfactory, even if, in practice, it is only used in certain studies ;

– at a natural element level (still called diagnostic element), a loop relation enables the existence of other elements associated to this natural element to be symbolized ;

– enfin, cet effort de modélisation permet d'élucider l'assimilation entre entités linéaires et entités spatiales, faite par les géographes au niveau du segment et du géon. On identifie ainsi deux entités nouvelles, segment-ligne et géon-ligne qui permettent une normalisation des fichiers au sens du schéma relationnel.

La construction du diagramme entités-associations aura constitué une des étapes les plus difficiles de ce travail en raison notamment de la multiplicité des niveaux du modèle, reflet de la complexité intrinsèque de l'information environnementale. Il est intéressant de noter que ce schéma se lit aussi bien du haut vers le bas, conformément à une approche déductive, ou en remontant la hiérarchie pour s'adapter à une démarche inductive (Cf. 1.3).

3.1.2. Analyse fonctionnelle

Une fois identifiés les principaux fichiers du système d'information, le travail se poursuit par une analyse fonctionnelle qui s'appuie sur l'élaboration d'un ensemble de diagrammes de flots de données. Ce langage graphique n'utilise que quatre symboles : un rectangle aux coins arrondis pour les fonctions, un carré pour les entités externes (utilisateur par exemple), un rectangle allongé pour les fichiers et des flèches pour les flux.

La *figure 7* présente un extrait du DFD le plus général et met en évidence les trois fonctions principales qui constituent les « applications » du système et correspondent sensiblement aux étapes du travail des géographes lors d'un projet d'analyse et description de paysages :

– « préparer l'étude » vise à automatiser un certain nombre de tâches réalisées au bureau lors de l'étape préliminaire du travail et comprenant la compilation et l'utilisation des documents existants, essentiellement cartographiques, ainsi que l'exploitation des renseignements fournis par la tournée de reconnaissance. C'est au cours de ce travail que sont identifiées les entités supérieures jusqu'au segment. C'est donc une étape axée sur l'échantillonnage du milieu ;

– « saisir sur le terrain » constitue pratiquement la fonction centrale du système, dans la mesure où elle permet la saisie directe sur le terrain des informations collectées par les prospecteurs lors de leurs relevés. Cette application mérite une attention particulière puisqu'elle est utilisée sur le terrain et ciblée sur l'observation. Elle doit être débarrassée de toute rubrique superflue à ce niveau, économe en ressources (espace, temps, énergie) et la plus conviviale possible ;

– « compléter les informations » comprend un ensemble de moyens pour traiter les informations additionnelles obtenues de retour au camp, en consultant divers ouvrages (atlas, monographies, etc.), ou plus tard encore à la suite d'analyses de labo-

– lastly, this model-making enables the assimilation between two linear and two spatial entities to be elucidated, carried out by geographers at the segment and land unit level. One can so identify two new entities, segment-line and land unit-line which enable files to be standardized in terms of the relational schema.

The construction of the entities-associations diagram will have been one of the most difficult stages of this study, due to the multiplicity of the model levels, which reflects the intrinsic complexity of the environment information. It is interesting to note that this schema can be read either from top to bottom, conforming to a deductive approach, or by moving up in the hierarchy to adapt to an inductive approach (see 1.3).

3.1.2. Functional analysis

Once the principal files of the information system are identified, a functional analysis is then carried out which is based on the elaboration of a set of data flow diagrams. This graphic language only uses four symbols : for the functions a rectangle with rounded corners, for the external entities (the user for example) a square, for the files an elongated rectangle and arrows for the flows.

Figure 7 presents an extract from the most general DFD and illustrates the three principal functions which constitute the « applications » of the system which obviously correspond to the stages in the geographer's work during an analysis project and paysage description :

– « study preparation » aims at computerizing a certain number of tasks carried out in the office during the preliminary stage of the study and which includes the compilation and use of existing documents, mainly cartographic, as well as the processing of information provided by the survey. During this work the superior entities as far as the segment are identified. It is therefore a stage based on environment sampling ;

– « acquisition in the field » practically constitutes the central function of the system, to the extent where it enables direct acquisition of information collected in the field by the prospectors during their recordings. This application merits special attention since it is used in the field and is based on observation. At this level, anything which is superfluous must be removed, economising resources (space, time, energy) and it must be as convivial as possible ;

– « information completion » includes all the means to process additional information obtained back at camp, from the consultation of various studies (atlas, monographies, etc.), or information gathered even later on following laboratory analyses, identifica-

ratoire, de déterminations d'espèces, etc. C'est une étape complémentaire d'exploitation de données thématiques.

D'autres applications, moins spécifiques à la nature géographique de ce système d'information, comme la gestion d'un répertoire, l'administration de copies de sécurité, etc., complètent le logiciel. Notamment un processus d'extraction sélectif des informations contenues dans la base de données qui aura été construite à l'aide des fonctions précédentes est prévu. Schématiquement, ce dernier permet d'obtenir des sous-ensembles de données qui satisfont à un critère, simple ou complexe, choisi par l'utilisateur et formulé par celui-ci selon des règles logiques.

Chacune de ces applications est décomposée à son tour et donne lieu à un nouvel ensemble de DFD de niveau inférieur, et ainsi de suite, ce qui constitue une approche progressive et modulaire de la complexité du logiciel. Ces diagrammes font essentiellement apparaître les flux des données qui circulent dans le système, c'est-à-dire les informations à saisir et celles qui sont restituées. Ils permettent aussi de mieux définir les dépôts de données (fichiers) à cause de la nécessité de conserver les informations entre le moment de leur entrée et celui de leur utilisation postérieure éventuelle.

C'est enfin au cours de cette analyse fonctionnelle que l'on peut indiquer, dans les flux de sortie, la part des informations saisies et celle des données dérivées.

3.1.3. Description des flux

Il s'agit de la dernière phase du travail de conception. Elle consiste à décrire systématiquement tous les flux, d'entrée ou de sortie, identifiés antérieurement. Ceux-ci sont donc détaillés en termes de variables (champs). Les attributs de chaque entité impliquée dans le système se trouvent ainsi définis, avec toutes leurs caractéristiques utiles au traitement, comme le type, la taille, le format d'édition, les critères de validation, mais aussi l'étape d'obtention, c'est-à-dire dans le cas présent : dans laquelle des trois fonctions principales ils interviennent.

La composition des fichiers est déduite alors par une simple association des attributs (ou paramètres), entité par entité. Pour chacune de ces dernières on retrouve successivement des paramètres d'identification, de rattachement (filiation), des caractéristiques de dimensionnement et de localisation, complétées par des caractéristiques thématiques, comme la topographie, la géomorphologie, la pédologie, la phytogéographie et les aspects socio-économiques.

A ce niveau de travail, la difficulté majeure rencontrée par l'équipe aura été l'affectation des paramètres thématiques selon les différents niveaux du modèle d'analyse du milieu. Cette répartition exige en effet une connaissance approfondie dans chacune des disciplines impliquées de l'environnement, de sorte

tion of species etc.... This is a complementary stage of processing thematic data.

Other applications, less specific to the geographical nature of this information level, such as the management of a directory, the administration of back-up copies etc., complete the software. Notably a process of selectively extracting information contained in the data base constructed with the aid of the previous functions is planned. Schematically, this will enable data sub-sets to be obtained which will satisfy a criterion, simple or complex, chosen by the user and formulated by him/her according to logic rules.

Each one of these applications is itself broken up and gives rise to a new, lower level DFD set, and so on, which constitutes a progressive and modular approach of the software complexity. These diagrams mainly show the data flows which circulate in the system, that is to say the information to be acquired and that which is restored. They also enable data deposits (files) to be better defined due to the necessity of stocking information from the moment of its input and its possible use.

One can at last indicate during this functional analysis, in the output flow, which part of the information is acquired and which part is derivative data.

3.1.3. Description of the flows

This is the last phase of the design work. It consists of systematically describing all the input or output flows, previously identified. These are therefore minutely described in terms of variables (fields). The attributes of each entity involved in the system are so defined, with all their characteristics useful for processing, such as type, size, edition format, validation criteria, but also the attainment stage, in the present case : in which of the three principal functions they intervene.

File composition is deducted by a simple association of attributes (or parameters), entity by entity. One successively finds identification, connection (filiation) parameters, sizing and localization characteristics, completed by thematic characteristics, such as topography, geomorphology, pedology, phytogeography, and socio-economic aspects for each of these attributes.

At this work level, the major difficulty encountered by the team will have been the allocation of thematic parameters according to the different levels of the environment analysis model. This sharing, in fact, requires a thorough understanding in each of the environment subjects involved, so it has been judged wise

qu'il a été jugé sage de se satisfaire d'une version minimale vis-à-vis de ces thèmes. D'ores et déjà une stratification des variables selon le caractère « fondamental, intermédiaire, optionnel » pour une version minimale a aussi été introduite, afin de préparer une évolution progressive de la base de données.

Au cours de cette description, les éléments liés à la typologie (diagnoses primaire, fondamentale et majeure) et au langage transdisciplinaire qui constituent un aspect original de la méthode, ont été individualisés, qu'ils soient ou non déduits automatiquement par la machine. De cette façon, le système reste utilisable sans qu'il soit nécessaire d'adhérer totalement à la discipline qu'impose ce langage.

Dans l'optique d'une implémentation physique, certaines entités ayant très peu d'attributs propres sont rattachées parfois à l'ascendant (cas du géon-ligne et du segment-ligne, inclus dans le géon et le segment respectivement), parfois au descendant (cas des types de relief et de modèles intégrés dans le paysage). Par cet artifice, on réduit la complexité de la base de données, tout en faisant sciemment un sacrifice sur la normalisation des fichiers.

Tous les résultats de cette étape de conception sont rassemblés dans le « dossier de conception détaillée », qui est complété par un glossaire présentant l'acceptation, dans le cadre du projet, des principaux termes techniques utilisés, d'origine informatique ou géographique.

3.2. Aspects physiques

L'étape d'implémentation, qui fait suite à celle de conception, comprend deux phases distinctes : la spécification (ou analyse) et la programmation (codification et tests). C'est l'étape d'analyse qui exploite exhaustivement le dossier de conception détaillé et qui produit la documentation d'analyse.

Dans un premier temps la liste des flux est utilisée champ par champ pour élaborer le dictionnaire des variables. Ces mêmes flux sont traduits en grilles d'écran (images des écrans de saisie) et en gabarits d'état (images des sorties affichées à l'écran ou imprimées sur papier) dans l'étape de spécification des entrées/sorties.

D'autre part, les dépôts de données identifiés au cours de l'analyse fonctionnelle fournissent une ébauche de la structure physique de la base de données, ébauche qui est ensuite ajustée selon des considérations d'ordre physique ou logistique (performances, encombrement, méthodes d'accès, environnements matériel et logiciel, moyens humains exprimés en nombre d'informaticien(s) par mois ou par an). Enfin, les définitions des fonctions sont reprises et éventuellement précisées et traduites dans l'environnement choisi dans les dossiers (sorte de « cahiers des charges ») de programmes.

to be satisfied with a minimum version towards these themes. Already a stratification of variables according to the « fundamental, intermediary, optional » character for a minimum version has been introduced, in order to prepare for a progressive evolution of the data base.

During this description, elements linked to the typology (primary, fundamental and major diagnoses) and to a transdisciplinary language (an original aspect of the method), have been individualized, whether or not they are automatically inferred by the computer. In this manner, the system remains usable, without it being necessary to totally adhere to the domain that this language imposes.

With the view to physically implement, certain entities with very few attributes of their own, are sometimes connected to the ascending (land unit-line and segment-line case, included in the land unit and segment respectively), sometimes to the descending (case of types of relief and model integrated in the paysage). Due to this artifice, the complexity of the data base is reduced to the detriment of file standardization.

All the results from this design stage are collected in the « detailed design file », which is completed by a glossary explaining the meaning of the principal technical terms (computing or geographical) used within the framework of the project.

3.2. Physical aspects

The implementation step which follows on from the design is made up of two distinct phases : the specifications (or analysis) and the programming (codification and tests). The analysis stage comprehensively uses the detailed design file, which produces the analysis documentation.

Firstly, the flow list is used, field by field to draw up the dictionary of the variables. These same flows are interpreted on screen grids (images of data entry screens) and on state templates (output images displayed on a screen or printed on paper) in the input/output specifications stage.

Moreover, the data deposits identified during the functional analysis give a rough estimation of the physical structure of the data base, this estimation is then adjusted according to physical or logistic considerations (performances, congestion, access methods, hardware and software environments, human work force expressed as a number of computer experts per month or per year). Lastly, the definitions of the functions are taken up again and on occasion specified and translated into the chosen environment in the programme files (a sort of « specifications »).

Le dictionnaire de variables pour cette version initiale de PAYSAGES comprend environ un millier d'enregistrements, constitués chacun d'un symbole, d'un nom et d'une description de variable, avec toutes les caractéristiques de son traitement. Ce document est essentiel, puisqu'il permet de garantir qu'une variable déterminée conserve les mêmes caractéristiques dans tous les programmes du système.

Que ce soit pour la définition des entrées et des sorties, ou pour la structuration physique de la base de données, on envisage de s'appuyer autant que possible sur des outils de génie logiciel (gestionnaire d'interface et générateur d'états dans le premier cas, gestionnaire de fichiers dans le deuxième), de façon à s'assurer d'un maximum d'indépendance entre données et traitements. Dans cet ordre d'idée, l'utilisation d'un langage de quatrième génération (L4G) peut s'avérer une excellente solution, surtout du point de vue de la cohérence, dans la mesure où il serait possible de respecter la complexité du modèle élaboré.

Le système sera développé pour être exploitable sur micro-ordinateur portable compatible IBM PC, sous une configuration relativement basse, de grande diffusion à l'heure actuelle. On envisage deux variantes au niveau des configurations minimale et conseillée, selon que l'on utilise les fonctionnalités de terrain ou de laboratoire et de façon à s'adapter aux exigences requises dans l'un ou l'autre cas. En toutes circonstances l'ergonomie du logiciel sera néanmoins préservée.

En ce qui concerne le choix des outils d'implémentation, les premières conclusions de l'étude encore en cours semblent nous orienter vers l'adoption d'un SGBD relationnel, susceptible de favoriser la mise en œuvre de la structure logique relativement complexe du modèle. Même si on doit beaucoup perdre en performances, vues sous l'angle traditionnel d'espace et de temps, cette solution paraît toutefois globalement plus efficace, car surtout plus propice à une évolution, que l'option qui consisterait à choisir un langage de troisième génération (Pascal, C, etc.), même en faisant intervenir les outils modernes de développement (éditeur structurel, gestionnaire d'interfaces, programmation et bibliothèque d'objets, etc.).

Une première ébauche de la structure physique de la base de données à constituer permet de mettre en évidence un fichier principal, complété par un fichier index stockant les filiations entre les enregistrements du fichier principal. Les nombreux textes (commentaires) prévus dans le système feraient quant à eux l'objet d'un troisième fichier indépendant. Dans ces conditions, l'encombrement total d'une base correspondant à une étude devrait se situer selon les cas entre quelques centaines de K-octets à quelques M-octets, c'est-à-dire parfaitement compatible avec les capacités des « notebooks » d'aujourd'hui.

The dictionary of variables for this initial version of PAYSAGES includes approximately a thousand recordings, each one made up of a symbol, a name and a variable description, with all the characteristics of its processing. This document is essential, since it guarantees that a determined variable keeps the same characteristics in all the programmes of the system.

Whether it is for the input or output definitions, or for the physical structuration of the data base, we intend to use software engineering tools as much as possible (in the first case, interface management and state generator, in the second one, file management), in order to insure a maximum independence between data and processing operations. Bearing this in mind, the use of fourth generation language (L4G) may prove an excellent solution, especially with regard to coherence, in so far as it would be possible to respect the complexity of the model which has been elaborated.

The system will be developed for use on portable micro-computer IBM PCs, which have relatively low configuration and are currently widely available. We envisage two variants at the minimum configuration level. The choice of configuration depends on whether field or laboratory functionalities are envisaged, so that one can adapt to the exigencies of either case. However, in all circumstances, software ergonomics will be preserved.

As far as the choice of implementation tools is concerned, the first conclusions from the on-going study appear to point to the adoption of a relational DBMS (database management system), likely to assist the working of the relatively complex logic structure of the model. Even if there are important losses in performance, from a traditional space and time point of view, this solution appears to be the most globally efficient, since it is more favourable to development than the option which would consist of choosing a third generation language (Pascal, C, etc.), even with the intervention of modern development tools (structural editor, interface management, programming and object library, etc.).

A first tentative to constitute the physical structure of the data base has enabled a master file to be highlighted, completed by an index file, storing the relations between the recordings of the master file. The numerous texts (comments) planned for in the system would constitute a third independent file. Under these conditions, the total congestion of a base corresponding to a study should be vary from a few hundred K-bytes to a few M-bytes, which is perfectly compatible with today's « notebooks » capacities.

La tactique d'implémentation qui a été élaborée conduit à prévoir en priorité la réalisation des fonctions 1 et 2, qui correspondent respectivement à l'étape préliminaire de laboratoire et celle de collecte des données sur le terrain. La réalisation complémentaire de toutes les procédures « utilitaires » du système permettra de fournir à l'issue de cette première étape une version minimale du logiciel, autorisant la « capitalisation » des connaissances.

Pour constituer un ou plusieurs jeux de test on s'appuiera sur les données réelles qui avaient été traitées sur gros système, lors des premiers travaux de thèse déjà cités.

CONCLUSION

Le programme décrit dans cet article constitue un travail de coopération original, en ce qu'il fait intervenir de véritables partenaires, lesquels mettent en commun leurs compétences respectives pour aboutir à un résultat qui combine les deux domaines de connaissances. Cette réalisation, qui fait donc intervenir une équipe mixte de géographes et d'informaticiens, n'a été possible qu'en utilisant un langage commun qui est fourni par la méthode de l'analyse structurée.

Au milieu de la confusion générale existante à propos des applications de l'informatique en géographie, le programme PAYSAGES est une étude qui se situe en amont, au niveau d'une méthode globale d'appréhension de l'espace. Un de ses apports majeurs réside dans l'aspect conceptuel, pour la modélisation de l'environnement où il reste beaucoup à faire, notamment pour relier la perception du géographe à celles des autres spécialistes des disciplines de la Nature. Le résultat que l'on peut attendre de ce premier travail est de constituer une base de réflexion pour un modèle de plus en plus précis du milieu naturel obtenu par ajustements successifs dans une démarche de prototypage.

Pour l'implémentation de la méthode d'analyse typologique des paysages, qui fait l'objet de ce programme scientifique, on essaiera autant que faire se peut de s'affranchir des éléments du langage transdisciplinaire qui lui a toujours été associé et qui en constituait, pour beaucoup, l'aspect rebutant.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce travail expriment leur reconnaissance envers Emmanuel Akoegninou Akpovi et Eustache Bokonon-Ganta, enseignants chercheurs béninois qui ont participé à cette étude, et notamment à l'élaboration du dossier de conception détaillée. Par ailleurs, la concrétisation de ce projet n'a été possible que grâce au soutien apporté par Yveline Poncet et Jean-François Richard, responsables successifs de l'unité de recherche « PAYSAGES » à l'ORSTOM.

The implementation tactic which has been drawn up, leads to firstly planning for the realisation of functions 1 and 2, which respectively correspond to the preliminary laboratory stage and data collection in the field. The complementary realisation of all these « utility » procedures of the system will provide, at the end of this stage, a minimum version of the software, permitting the « capitalisation » of knowledge.

To construct one or several test sets, we will use real data which had been processed on big system, during the preliminary studies of this thesis (already quoted).

CONCLUSION

The programme described in this article is an original study where computer experts and geographers have come together to form a partnership, pooling their respective competences. This has led to a result which has combined both fields of knowledge. The realisation of this project, involving a mixed team of geographers and computer experts, was possible thanks to the common language provided by the structured analysis method.

In the midst of the existing general confusion which reigns in geographical computing applications, the PAYSAGES programme is a study, situated at the front of research, at a global method level for the comprehension of space. One of its major contributions lies in the conceptual aspect for the modelization of the environment, where there is still a lot of work to be done, notably to link the geographers perception to that of other specialists who work in Natural Sciences. The result which can be expected from this first study is the construction of a basis of reflection for a more and more precise model of the natural environment, obtained by successive adjustments using a prototyping approach.

To implement the typological analysis method of paysage, which is the subject of this scientific programme, we will try as much as possible to eliminate the problem of transdisciplinary language elements which have always been associated with it, and which for many was tedious aspect.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Emmanuel Akoegninou Akpovi and Eustache Bokonon-Ganta, Benin researchers and lecturers who have participated in this study, notably in the drawing-up of the detailed design project. Moreover, the concretisation of this project was only possible thanks to the support of Yveline Poncet and Jean-François Richard, successive leaders of the « PAYSAGES » research unit at ORSTOM.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUBRY A.M. et al. - 1984. – From POSEIDON to NEPTUNE : Software for environmental surveys. In : Burrough P.A. et Bie S.W. (Ed.) Soil information systems technology, Bolkesjo, pp. 41-45.
- AUBRY A.M. et al. - 1990. – NEPTUNE : un système pour la constitution et l'exploitation de bases de données sur l'environnement. In : Séminfor, 3., ORSTOM, Bondy, pp. 241-251.
- BEAUDOU A.G. et al. - 1978. – Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel (tropiques humides). ORSTOM, Paris, Trav. et Doc., n°91, 143 p.
- GANE C. et SARSON T. - 1979. – Structured analysis systems, Addison-Wesley, New-York, (USA), 189 p.
- HOUNDAGBA C.J. - 1984. – Analyse typologique des paysages d'Abomey-Zagnanado (République du Bénin). Exploitation d'un système de programmes PL1 NEPTUNE. Thèse de 3^e cycle, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 286 p. (mult.).
- M'BOW L.S. et RICHARD J.F. - 1988. – Gestion de l'environnement biophysique ouest-africain. Compte-rendu du Séminaire sur la dégradation des paysages ouest-africains, Dakar, Nov. 1988.
- RICHARD J.F. - 1989. – Le paysage, un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux. Thèse de Docteur d'Etat, Université de Paris VII, 1985, 210 p. + fascicule hors-texte (68 p.). ORSTOM, Paris.
- SECHET P. - 1988. – Méthode d'analyse structurée pour le développement de systèmes. In : Séminfor, 1., ORSTOM, Paris, pp. 221-248.
- TCHIBOZO C.F. - 1981. – Contribution à l'étude biogéographique de la région de l'Atacora. Etude typologique des unités de paysages du versant oriental de la chaîne de l'Atacora. Thèse de 3^e cycle. Université de Paris VII - Jussieu, 324 p. (mult.) + 13 cartes.

Aubry Anne-Marie, Domingo E., Houndagba C.J., Matha Sant'Anna da M.A., Séchet Patrick, Tchibozo C.F.

Un système d'information biogéographique :
le logiciel Paysages = Geographical
information system : Paysages software.

Veille Climatique Satellitaire, 1994, (48), p. 37-
59.

ISSN 1144-2026