

Typologies et types en Pédologie

D. BAIZE (*)

RÉSUMÉ

Cet article est focalisé sur les notions de typologie et de type en Pédologie. La première partie propose des définitions à ces termes et s'efforce de dégager les différentes significations des mots "classification", "taxonomie" et "typologie" pour cette science. Il est montré que, à cause des propriétés spécifiques des couvertures pédologiques, nous nous trouvons dans un domaine conceptuel tout autre que celui de la Biologie où ces mêmes termes ont des significations bien connues mais différentes.

La deuxième partie traite seulement des typologies et des types et tente de répondre aux questions suivantes : comment définir et délimiter des types ? ; à quoi servent les typologies ? C'est ainsi l'occasion : – de présenter des exemples de typologies plus ou moins détaillées ; – de discuter du problème du rattachement d'un solum à un ou plusieurs type(s) pré-défini(s), – et de préciser ce qu'est la cartographie typologique et les différences entre "unité typologique" et "unité cartographique".

MOTS-CLÉS : typologie - classification - pédologie - unité typologique de sol.

TYPLOGIES AND TYPES IN PEDOLOGY

The notions of typologies and types in Pedology are discussed and the different meanings of "classification", "taxonomy" and "typology" are sought. Because of the specific properties of "soil mantles" we think in a conceptual domain which is quite apart from that of Biology, in which these same words have well-known but different meanings.

The second part deals only with typologies and types. It seeks to answer the following questions : how to define and demarcate types ? ; what are typologies used for ? It presents examples of soil typologies ; – discusses the linkage of a solum to one or several pre-defined types ; – and characterizes "typological mapping" and the differences between "typological units" and "mapping units".

Soil-individual, as an equivalent to animal-individual or plant-individual, does not exist. Auger borings and pits are only "point" observations making sampling and collecting data relating to soil mantle possible ; hence the notion of "solum", introduced by the "Référentiel Pédologique" i.e. a real volume that can be observed and sampled, the basic unit in collecting data.

Consequently, it is not possible to elaborate a "typology of soils" (of "soil-individuals"), but it is both right and useful to elaborate a "typology of solums". Theoretically a great number of parameters could be used in order to define a soil, thus there are no two sites on earth where soils are strictly identical. The pedologist must choose its own "species" that Nature does not offer. The subdivision of the typological continuum leads to define "types" (or "typological units" = TU), as the subdivision of the space continuum leads to define "pedological volumes" (the "horizons") and "mapping units" (= MU).

Horizon and solum typologies must be based on the soil characteristics without any concern for their space envelope (limits, thickness, stentions, geographical extension). "Podzols", "chernozems" and "solonetz" were concepts, "great types" of solums globally taken into account, their pedogenesis and their ecological characters being emphasized.

(*) I.N.R.A. - Service d'Etude des Sols - Centre de Recherches d'Orléans - 45160 Ardon (France).

Nowadays, we need to be more descriptive and more precise, so we must deal with horizons, their properties, their superposition, their relations. The traditional horizon designation $A_0, A_1, A_2, B, Bw, g, G$ & C , is no longer enough to constitute an efficient typology. Fitzpatrick proposed the solum description based on a worldwide typology of 77 horizons. The "Référentiel Pédologique", in its current state (1992), defines more than 60 "reference horizons" and not all the soil types have yet been treated. It should be noticed that the same "horizon types" can be located in different "solum types". They are present either with different thickness or position (Fig. 1 et Tab. I).

How to define and demarcate types ? A "type" is a "conceptual model" which can be built using an expert approach or using statistical data processing. For a horizon typology as well as a solum typology, two main principles must be used : – every type is defined on the basis of all or only some of its intrinsic characters ; – certain horizons or certain solums have been observed, many times and by different authors, except for some minor details. So they show a feature of generality.

What "types of types" do we want to define, then use ? According to Boulaïne and Duchaufour, following the Russian school of thought, a "soil type" is necessarily a "pedogenetical type", i.e. essentially defined with the help of what we know or assume about its soil-forming processes. But there are some other ways to define "types", for example by taking into account the morphology only, without any care for pedogenetic interpretation. So, a "morphological type" can be described, considering the nature, the sequence and the thickness of the present horizons, defined themselves by their morphology and their long lasting analytical characters.

What are typologies used for ? First they are tools for transmitting information using an analogical reasoning (Tab. II) and then they are used as a basis for the "typological mapping". A well-made typology makes it possible to transfer to all the solums known as being of the same type : – all the analytical characteristics, – all the results of agronomical experimentations, – all the thorough knowledge acquired elsewhere about this same type ; without having to do these analyses and experimentations again (gain of time and money). But it is necessary to recognize easily and surely that it is that same type.

To what degree of dissimilarity are we allowed to link a studied solum to this type ? In other words, how to place limits on a type in the typological space ? This point is partially solved in the introduction of the "Référentiel Pédologique" (Fig. 2), although in two dimensions, this figure tries to describe volumes in a multi-dimensional logical space. The main idea is a more or less good similarity which can be assessed by using mathematical distances.

Every "typological mapping" is based on a personal typology, i.e. strictly suited to the studied area and to the collected data set. The "typological mapper" tries first to define "morphological types" both significant with regard to the environmental elements and operational for use and improvements. Then, he has to delineate as well as possible the spatial extension of his typological units.

Let us remember the major differences between "typological unit" (TU) and "mapping unit" (MU). Every MU only exists in the precise case of the representation of one soil mantle in the form of a map with a certain graphical scale. On the contrary, every TU is a conceptual "category" defined in a domain where only soil features are considered, with no reference either to a precise location or to a spatial extension.

Nowadays, for managing data banks and GIS, it is absolutely necessary to distinguish clearly between TU and MU. In the recent past, for elaborating "paper maps", we were not in the same situation : it was useless to define a lot of precise TU if we were unable to demarcate them surely on the map. The thus-based method of mapping has the advantage of being able to transmit to the user more objective, more rich, more simple and more durable information.

As a conclusion, the following paradox is to be emphasized. In a first stage, the typological domain must be clearly distinguished from the spatial domain, in order to understand better, at a further stage, the dialectical relationships of these two domains in the course of what we call "soil-survey".

KEY WORDS : *pedology - typology - classification - typological soil unit.*

INTRODUCTION

Depuis environ une décennie, la notion de "typologie" tend à s'imposer comme outil d'analyse dans différents domaines scientifiques, notamment en phyto-écologie et en agronomie :

- typologie des stations forestières (BECKER, 1985 et 1986 ; RAMEAU, 1985 ; BRETHERS, 1989) ;
- typologies des exploitations agricoles (CAPILLON et SEBILLOTTE, 1980 ; DEFONTAINES et PETIT, 1985 ; CAPILLON, 1986 ; CERF *et al.*, 1987 ; etc.) ;
- typologie des états structuraux à l'échelle de la parcelle (SEBILLOTTE, 1990) ;
- et même typologie des mottes au sein d'un horizon labouré (MANICHON, 1982).

En matière de sols, cette notion est également récente, mais elle a du mal à percer. Les publications qui se présentent explicitement comme étant des typologies restent peu nombreuses (BOULAIN, 1981 ; MENIER *et al.*, 1987 ; BAIZE, 1989). Au moment où le Référentiel Pédologique 1992 est publié, cet article va exposer ce que sont les typologies en pédologie et à quoi elles doivent servir.

I. DÉFINITIONS

Typologies et types

Le mot "typologie" est ainsi défini dans trois dictionnaires distincts :

Hachette - le Dictionnaire du Français : "Science qui vise à élaborer des types à partir d'ensembles constitués par regroupement de données ayant en commun certains traits caractéristiques".

Grand Larousse de la langue française : "Détermination des traits caractéristiques d'un ensemble de données en vue d'y déterminer des types, des systèmes".

Dictionnaire Robert : "Science de l'élaboration des types, facilitant l'analyse d'une réalité complexe et la classification".

En outre, on constate que le mot "typologie" nomme aussi bien l'opération d'élaboration que le résultat de cette élaboration. A l'évidence, typologie renvoie à "types". Mais alors, qu'est-ce qu'un type ?

De la lecture d'une demi-douzaine de dictionnaires, il ressort un accord général sur plusieurs points importants :

- un type est une *catégorie*
- un type rassemble *plusieurs* objets ou êtres *réels*
- qui présentent en commun des *caractères essentiels* ou des *caractères distinctifs*, des *traits généraux*
- "type" contient la notion de *modèle* et de *concept abstrait* : c'est le résultat de la conceptualisation d'une réalité observée.

Les deux sens du mot "classification"

En français scientifique, le mot "classification" recouvre deux significations distinctes. Il a un sens courant assez général et un sens restreint utilisé en Statistique.

1° Dans le sens courant de "système général de classification", il a été et est encore largement utilisé par les biologistes. Citons le Dictionnaire des Sciences, publié sous la direction de L. SALEM (Hachette, 1990), à la rubrique "Classification en Biologie".

"Un inventaire non structuré des quelque deux millions d'*espèces* actuellement correctement décrites serait à la fois inintéressant et inutilisable. La nécessité d'une classification pour la simple vie courante se traduit par l'existence de mots tels que plantes, animaux, poissons, oiseaux, serpents, dont chacun désigne collectivement de nombreuses espèces dont la ressemblance est perçue de manière plus ou moins intuitive... Une classification biologique est toujours une classification hiérarchisée. Chaque groupe ou unité systématique a un certain rang...".

En Biologie, les taxonomies *classifient des espèces* à l'intérieur desquelles nous pouvons aisément distinguer des *individus*.

2° Envisageons maintenant la signification du mot "classification" tel qu'il est employé en Statistique. WEBSTER et OLIVIER (1990) nous en donnent la définition suivante : "C'est l'action de diviser une population ou de rassembler des individus en groupes. Cela peut être aussi l'ensemble des classes qui résultent d'une telle action". Comme pour "typologie", classification est à la fois une opération mentale et le résultat de cette opération.

Si l'on part d'une population donnée que l'on subdivise ensuite en catégories (classification descendante), soit on part d'individus considérés séparément que l'on regroupe en catégories (classification ascendante). Dans les deux cas, pour cette opération, on utilise soit l'ensemble des caractères pour lesquels l'information a été recueillie, soit seulement certains critères sélectionnés.

Quelle est la différence fondamentale entre ces deux significations du mot classification ? Dans le cas d'un système général, c'est l'ensemble de la connaissance relative à une discipline que l'on tente d'organiser et chaque catégorie est désignée par un nom (*terminologie*). On traite l'ensemble des êtres vivants, l'ensemble des roches, l'ensemble des éléments chimiques.

Pour une classification au sens statistique, le chercheur ne se préoccupe que du jeu de données dont il dispose : par exemple, 120 sondages ayant permis de distinguer 460 horizons décrits par 12 caractères selon 48 modalités. Ces 460 horizons constituent pour lui autant d'*individus statistiques* clairement distincts et définis, en particulier, par leur emplacement originel.

II. CLASSIFICATIONS, TAXONOMIES OU TYPOLOGIES ?

Le chapitre 2 de la Soil Taxonomy (1975) est intitulé "Taxonomie des sols et classification des sols". Il est entièrement consacré à une réflexion sur la nature et le rôle d'une classification en matière de sols. On y lit, dès la 7^e approximation d'octobre 1973 :

"L'objectif d'une taxonomie de sols est d'avoir des hiérarchies de classes qui nous permettent de comprendre... les relations entre les sols et également entre les sols et les facteurs responsables de leur caractère".

"Taxonomie est un terme plus étroit que classification. Classification inclut taxonomie, mais elle inclut également les classifications pour des usages pratiques spécifiques...".

La Soil Taxonomy cite même le Webster's International Dictionary :

"Taxonomy = classification ; especially classification according to... natural relationships" – "The systematic distinguishing, ordering and naming of *type* groups within a subject field".

Un peu plus loin, les auteurs de la Soil Taxonomy décrivent à quoi sert une classification : "Une classification est une mise en ordre ou un arrangement d'objets dans notre esprit et leur distribution dans des compartiments. L'objectif d'une classification est d'arranger les idées des objets de telle façon que les idées s'accompagnent ou se suivent l'une l'autre selon une manière qui nous donne la plus grande maîtrise possible de notre savoir et nous conduit le plus directement à en acquérir plus."

BOULAINÉ, dans son ouvrage "Pédologie appliquée" (1980), traite de ce que peut être une typologie et à quoi cela sert : "La typologie distingue des archétypes hiérarchisés et permet de diviser l'ensemble des sols en autant de sous-ensembles de divers niveaux qu'il est utile pour en exprimer les nuances... La typologie s'exprime par des inventaires et des nomenclatures, mais surtout par des classifications qui sont des systèmes de référence parfois artificiels, mais le plus souvent naturels : on les appelle alors des taxonomies. Les classifications hiérarchisent des archétypes (conceptuels)... La hiérarchisation a une importance secondaire... l'intérêt essentiel d'une classification est de diffuser un langage qui permet d'exprimer de façon compacte les faits complexes et nombreux relatifs aux sols... La carte des sols... permet de repérer l'extension des types, mais aussi de mettre en évidence les liaisons qu'ils ont entre eux et avec les autres variables du paysage."

Un an plus tard, BOULAINÉ, dans l'introduction à son "Cours de Typologie Pédologique" (1981), précise certains points : "La classification que nous présentons est une *taxonomie*, c'est-à-dire une classification naturelle qui tient compte le plus possible des liaisons entre les sols d'une part et les causes de leur différenciation dans la nature. Elle cherche à être aussi objective que possible, c'est-à-dire que seuls sont pris en compte les caractères qui peuvent ou pourraient être mesurés ou repérés par référence à un code pré-établi.

"Cette classification est donc un *référentiel*, mais elle n'est pas exhaustive, c'est-à-dire qu'elle ne prétend pas inclure tous les sols du monde. Elle donne seulement des schémas dont se rapprochent plus ou moins les sols réels. Ceux-ci ne sont pas catégorisables, à notre avis."

A titre de première *conclusion provisoire*, on constate que la différence entre classification, taxonomie et typologie n'est pas tellement évidente (1). Il semble cependant que, dans les sciences de la nature, une classification en tant que système général soit toujours volontairement hiérarchisée et qu'elle soit voulue par ses auteurs comme "naturelle", "explicative" (2), mettant en évidence des causes, des "lois" (MILL, 1874,

(1) Dans plusieurs dictionnaires, "classification" et "type" sont associés dans des formules telles que "classification par types" ou "classification typologique". Ces deux termes ne s'excluent donc pas !

(2) "Le but final (de la systématique des sols) est d'aboutir à une classification unique hiérarchisée... se présentant sous la forme d'une pyramide... A notre avis, on ne peut classer correctement sans expliquer" (DUCHAUFOR, 1983).

cité par CHATELIN, 1972). Dans une typologie, on n'organise pas systématiquement de hiérarchie entre les différents "types". On sépare et définit des catégories, sans plus.

III. SPÉCIFICITÉS DES COUVERTURES PÉDOLOGIQUES ET NOTION DE CONTINUUM TYPOLOGIQUE

A la suite de nombreux auteurs, le continuum tridimensionnel est désormais reconnu (FITZPATRICK, 1971 et 1983 ; FRIDLAND, 1972 ; BOULAIN, 1978, 1980, 1981, 1982 ; RUELLAN, 1985 ; BAIZE, 1986). Cette notion est bien exprimée par la formule "*couvertures pédologiques*" reprise et officialisée par le Référentiel Pédologique.

A la différence de la biologie, il n'y a ni individus ni espèces en pédologie, seulement un continuum variant. Inconsciemment influencées par la biologie et par les "courants philosophiques du 19^e siècle" (POLLOK, 1990), des générations de pédologues ont tenté vainement de rechercher un illusoire "individu-sol". Ainsi, les notions de pedon et de polypedon en tant que volumes élémentaires et objets réels ont été combattues tout particulièrement par HOLMGREN et FITZPATRICK.

"Le concept d'un individu-sol en tant qu'ultime entité pédologique et référent pour les propriétés des sols a défié et échappé aux pédologues pendant de nombreuses années... aucun volume unique ne peut servir comme un tel individu-sol. Le référent pédologique ultime est localisation et non volume" (HOLMGREN, 1986). Holmgren conteste que le pedon et le polypedon soient des entités réelles. Il pense que les auteurs de la Soil Taxonomy se sont égarés en adhérant à la logique démodée de MILL et à la philosophie de la matière développée au 19^e siècle. Il soutient que la théorie de la relativité d'Einstein a changé tout cela et nous invite à entrer dans l'ère moderne de la théorie de l'information. Dans ce contexte, les objets continuent à exister, mais ils ont perdu leur statut fondamental et deviennent plutôt des dérivés des procédures de traitement de l'information (HOLMGREN, 1988, cité par POLLOK, 1990).

Pour FITZPATRICK (1971), "un système fondamental de classification n'est pas possible" (en pédologie). Si certains en ont cependant édifié, "c'est à cause de la fausse supposition et l'incroyable idée fausse que les sols peuvent être traités comme des entités discrètes qui ont des limites finies". Ce même auteur ajoute en 1983 : "Les sols forment des continuums dans l'espace et dans le temps et une telle situation défie toute classification... Toutes divisions ou limites créées dans les sols sont arbitraires. Les divisions ne délimitent pas des entités discrètes... Cependant, il est nécessaire de subdiviser le continuum en entités arbitraires pour faciliter la communication d'informations."

"Le sol est un milieu continu au sein duquel il est artificiel et dangereux de vouloir continuer à individualiser des unités définies par un profil vertical que l'on cherchera ensuite à caractériser, à classer, à cartographier. L'individu-sol, équivalent à l'individu-animal ou à l'individu-végétal, n'existe pas. Le rêve du profil individu-sol doit être abandonné" (RUELLAN, 1985).

Sondages à la tarière et fosses ne sont que des observations ponctuelles permettant d'échantillonner et d'acquérir une connaissance discrète relative aux couvertures pédologiques. D'où l'intérêt de la notion de *solum* introduite par le Référentiel Pédologique : volume réel effectivement observable et prélevable, échantillon élémentaire du recueil des données.

En conséquence, s'il n'est pas possible d'établir une typologie de "sols" au sens d'"individus-sols", il est possible d'élaborer une *typologie de solums*.

Le continuum typologique

Si l'on observe une couverture pédologique en deux points relativement éloignés, on a toutes chances d'observer deux solums différents, de deux "types" distincts, soit T_1 et T_2 . En des emplacements intermédiaires, il arrive souvent que l'on observe des solums "intermédiaires", "hybrides", beaucoup moins "typés" que ne le sont T_1 et T_2 . L'existence d'un continuum pédologique est la conséquence de la réalité du continuum spatial.

Si l'on abandonne toute référence spatiale, et si l'on prend en compte tous les caractères "descriptibles" de tous les horizons et également leur caractère relationnel (épaisseur, forme des limites, transitions), il est certain que dans une population de plusieurs centaines de sondages ou de quelques dizaines de fosses, il n'y a jamais deux sondages ou deux fosses absolument identiques. Il faut cependant opérer des regroupements par "degré de ressemblance".

"Comme il y a en théorie une multitude de paramètres qui définissent le sol, on comprend qu'il n'y ait pas deux points du globe où les sols soient strictement identiques. Le pédologue est donc obligé de choisir lui-même des "espèces" que la Nature ne lui impose pas" (BOULAINÉ, 1957).

La subdivision du continuum typologique conduit à définir des "types" ou "unités typologiques", de même que la subdivision du continuum spatial conduit à définir des "volumes pédologiques" (nommés "horizons" dans le Référentiel Pédologique") et des "unités cartographiques".

IV. TYPOLOGIES D'HORIZONS ET TYPOLOGIE DE SOLUMS

Il est relativement aisé d'élaborer une typologie d'horizons ou une typologie de solums fondée sur leurs caractéristiques pédologiques et sans se préoccuper de leur enveloppe spatiale (limites, épaisseur, transitions, extension géographique).

Les notions "classiques", plus ou moins reconnues mondialement, de "podzols", de "vertisols", de "chernozems" et de "solonetz" sont des concepts, des "orthotypes" des "grands types" de solums pris globalement, en privilégiant leur pédogenèse et leurs caractères écologiques.

Dans une phase plus moderne de la pédologie, nous avons besoin d'être plus descriptifs et plus précis et de descendre au niveau des horizons, de leurs propriétés, de leur superposition, de leurs relations. La vieille nomenclature classique A_0 , A_1 , A_2 , B, (B), g, G, et C, n'est pas suffisante pour constituer une typologie d'horizons opérationnelle. C'est pourquoi, depuis deux décennies, des travaux individuels ou collectifs sont menés afin de mettre sur pied des typologies d'horizons, ces derniers devant être suffisamment nombreux et bien définis.

FITZPATRICK (1971), logique avec sa position de refus de toute classification en matière de sols, propose une description des solums fondée sur une typologie de 77 horizons pour l'ensemble du globe.

De 1977 à 1981, un groupe de travail "horizons calcaires" a fonctionné en France. A partir d'un échantillon de 350 horizons décrits par 12 caractères simples, une "classification ascendante hiérarchique" basée sur la distance du chi-2 a permis de mettre en évidence 18 "groupes" ou "types" d'horizons calcaires (TEDALDI, 1980).

Le Référentiel Pédologique, dans son état actuel (1992), propose déjà plus de 60 Horizons de Référence (et tous les types de sols ne sont pas encore traités !).

Les mêmes "types d'horizons" peuvent être situés dans des "types de solums" différents. Ils y sont présents avec des épaisseurs différentes ou bien dans des positions différentes (Fig. 1 et tableau I).

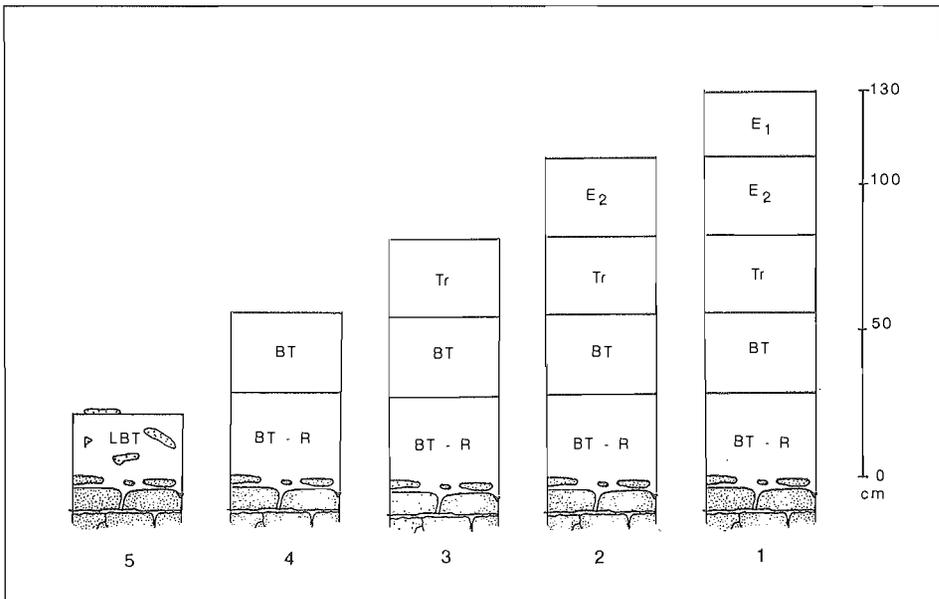


Figure 1 : Représentation schématique des types d'horizons et des types de solums de la séquence des "Terres d'Aubues" (Plateaux de Bourgogne - BAIZE, 1989 et 1991).

Diagrammatic presentation of horizon types and soil types from the "Terres d'Aubues" sequence (BAIZE, 1989 and 1991).

| | | |
|----------------------|------|--|
| 6 types d'horizons : | E1 | horizon éluvial supérieur |
| | E2 | horizon éluvial inférieur |
| | TR | horizon de transition |
| | BT | horizon argilluvial argileux |
| | BT-R | horizon argilluvial argileux lourd, proche du substrat |
| | LBT | horizon argileux proche du substrat, labouré |

| | | |
|---------------------|--------|-----------------|
| 5 types de solums : | 1 | "solum complet" |
| | 2 | "Aubue blanche" |
| | 3 et 4 | "Aubues rouges" |
| | 5 | "Petite Aubue" |

Tableau I : Caractères des 6 types d'horizons de la figure 1.

Characteristics of 6 horizon types presented in figure 1.

| Horizon | % argile | % sables totaux | % fer total | CEC mé/100 g | Structure |
|---------|----------|-----------------|-------------|--------------|--|
| E1 | 18 - 25 | 6 - 9 | < 2,4 | 6 - 9 | } polyédrique peu nette et peu stable tendance à la battance |
| E2 | 25 - 30 | 6 - 8 | 2,4 - 3,0 | 9 - 11 | |
| Tr | 30 - 40 | 4 - 7 | 3,0 - 3,8 | 11 - 14 | } sous-structure micro-polyédrique très nette et très stable, nombreux ferri-argilanes |
| BT | 45 - 55 | 3 - 5 | 3,9 - 4,6 | 16 - 23 | |
| BT-R | 55 - 70 | 1 - 4 | > 4,6 | 23 - 29 | |
| LBT | 35 - 62 | 1 - 8 | | 23 - 31 | |

V. COMMENT DÉFINIR UN "TYPE" EN PÉDOLOGIE ?

Un "type" est un "modèle conceptuel" (cf. *supra* § 1). Ce modèle peut être construit par une démarche d'expert ou grâce à des traitements statistiques. Qu'il s'agisse d'une typologie d'horizons ou d'une typologie de solums, deux principes semblent devoir être retenus :

1 – Un type est défini par tous ou seulement par certains de ses *caractères intrinsèques*. "Les sols de la commune d'Avallon" ou "les sols du canton de Fontainebleau" ne sont pas des types, mais un fragment de "territoire". De même, des notions comme "sols à maïs", "sols à vigne", "sols à peupliers", "sols à asperges" ne peuvent constituer une typologie pédologique, même grossière.

2 – Certains volumes pédologiques (horizons) et certains solums sont observés, à des nuances près, de façon répétée et par différents auteurs. Ils présentent un caractère de *généralité* et s'opposent en cela à des solums tout aussi réels, mais observés exceptionnellement ou une seule fois, donc "*atypiques*".

"Types génétiques" ou "types morphologiques"

Quels "types de types" voulons-nous définir, puis utiliser ?

Pour BOULAIN (1981) : "La taxonomie pédologique est un système de référence. Elle hiérarchise et codifie la dénomination des *types de sols*. Ceux-ci sont des concepts plus ou moins précis qui sont établis à la suite des travaux de recherche de la pédologie génétique... Mais alors qu'en biologie l'être vivant est une globalité dont la réalité est immédiatement perceptible, il n'en est pas de même en science du sol. Tous les efforts de la pédologie tendent à faire des coupures rationnelles dans l'ensemble des sols... Cette recherche des types pédologiques, presque toutes les écoles la poursuivent par l'étude du développement du sol à partir d'un état initial."

Pour DUCHAUFOR (1983) : "La systématique des sols doit... grouper les grands types de sols mondiaux en fonction de leur genèse"... Les caractères intrinsèques (sélectionnés comme base des classifications) sont choisis et hiérarchisés dans la mesure où ils traduisent au mieux un ou plusieurs processus évolutifs de base". Donc, pour BOULAIN comme pour DUCHAUFOR, suivant en cela l'école russe, un "type de sol"

est un "type génétique", c'est-à-dire défini essentiellement en fonction de ce que l'on connaît ou suppose de son processus de formation et d'évolution.

Mais il y a d'autres façons de définir des "types", par exemple en fonction de la morphologie actuelle, sans préoccupation d'interprétation en termes de pédogenèse. Ainsi, un "type morphologique" sera défini en fonction de la nature, de la succession et de l'épaisseur de ses horizons, eux-mêmes définis par leur morphologie et leurs caractères analytiques pérennes (BUTLER, 1980 ; BAIZE, 1989). Mais cette morphologie macroscopique, bien que beaucoup plus objective qu'une interprétation pédogénétique, ne suffit pas.

Un type défini, par exemple, comme "solons uniformément argileux, épais", serait une catégorie encore trop grossière. Il y a tant de comportements différents dans le cas des horizons argileux, en fonction de leur structure et de leur composition minéralogique, eux-mêmes résultant de leur "histoire antérieure".

Aussi cherche-t-on aujourd'hui à aller plus loin que la simple description de propriétés de constitution (granulométrie, CEC, minéralogie des argiles). On s'efforce désormais d'estimer certaines propriétés de fonctionnement (par type d'horizon) par l'établissement de *relations* entre telle propriété et telle grandeur plus facilement accessible. Encore faut-il que la typologie qui sert de base à la "*stratification*" de l'échantillonnage soit pertinente. Deux exemples vont servir à illustrer notre propos.

Exemple 1 (OSTY, 1971) :

65 échantillons en provenance de divers sols du sud de la Meurthe-et-Moselle (Lorraine).

Relation entre Humidité à pF 3 (Θ_3) (échantillon séché et passé à 2 mm) et le taux d'argile (A) + le taux de matières organiques (MO).

Ensemble de la population : $\Theta_3 = 0,34 A + 0,90 MO + 10,8$ $r^2 = 0,729$

OSTY a tenté de considérer deux sous-ensembles, sur la base d'une dénomination vernaculaire : 16 "*grosses terres*" issues de marnes et 16 "*blanches terres*", censées être riches en limons, au moins dans leur horizon de surface.

Au seuil de 1%, la seule variable significative est l'argile qui permet un coefficient $r^2 = 0,18$ pour les "grosses terres" et $r^2 = 0,84$ pour les "blanches terres".

Cette stratification de "types de sols" a été réalisée sur une base trop vague (prise en compte ni du type morphologique d'horizon, ni du taux d'argile, par exemple). Elle s'avère inutilisable.

Les relations établies sur des "types d'horizons" préalablement distingués par des considérations morpho-pédogénétiques (jeux 2 et 3) donnent lieu à l'établissement de relations très satisfaisantes qui permettent la prédiction.

Qu'il s'agisse de sondages ou de fosses, les différents *types morphologiques* sont définis avec un plus ou moins grand degré de détail à partir de toute la population des observations faites sur le terrain. Cette définition prend en compte tous les horizons superposés et, pour chaque horizon, toute une série de caractères descriptifs (texture, structure, teneur en CaCO_3 ou en carbone, éléments grossiers, épaisseur, etc.) (BAIZE et VOILLIOT, 1989).

Exemple 2 (BRUAND, 1990) :

Eau retenue à pF 2,5 – Relation avec la teneur en argile (A)

Echantillons non séchés non perturbés, provenant d'horizons argileux de moyenne profondeur. Les quantités d'eau sont exprimées en volume, en cm³/g.

JEU 1 18 échantillons d'origines très diverses (Vertisols, Ultisols, Fersialsols, sols alluviaux, Planosols, Pélosols, etc.)

$$\Theta_{2,5} = 0,072 + 0,00385 A \quad r^2 = 0,57 \quad r = 0,75$$

JEU 2 13 échantillons d'horizons BT d'"Aubues blanches" ou "rouges" (Bourgogne)

$$\Theta_{2,5} = 0,043 + 0,00400 A \quad r^2 = 0,86 \quad r = 0,92$$

JEU 3 9 échantillons de "chenasses" argilo-sableuses du Gâtinais

$$\Theta_{2,5} = -0,026 + 0,00581 A \quad r^2 = 0,94 \quad r = 0,97$$

La variable "argile" est significative au seuil de 1% dans les trois cas, mais la variance expliquée croît nettement du jeu 1 au jeu 3.

La définition d'un *type* résulte donc d'une action de "classification" (au sens statistique du terme), que cette classification soit opérée par démarche d'expert ou à l'aide de traitements informatisés.

Cette opposition entre "type pédogénétique" et "type morphologique" connaît son équivalent en Biologie. A la rubrique "classification en Biologie", le Dictionnaire des Sciences (SALEM, 1990) fournit les précisions suivantes :

"La *taxinomie cladistique* s'appuie uniquement sur la phylogénèse, c'est-à-dire sur les liens de parenté entre les espèces... La *taxinomie phénétique* ignore résolument la phylogénèse, elle repose sur une description très détaillée des espèces, sur la quantification des degrés de ressemblance entre espèces et sur un traitement mathématique des degrés de ressemblance."

On voit qu'il y a une sorte d'homologie entre taxinomie cladistique et typologie pédogénétique d'une part, taxinomie phénétique et typologie morphologique d'autre part. La particularité de la pédologie est qu'il n'y a pas d'individus, ni d'espèces, ni de reproduction, ni donc d'hérédité, donc pas de véritable génétique ni de phylogénèse. Les seules notions applicables valablement en pédologie sont : roche-mère et héritage d'une part, pédogénèse et évolution d'autre part, ces quatre termes pouvant s'appliquer à tel ou tel sous-ensemble d'une couverture pédologique.

Nos connaissances nous permettent de penser que certains types ont évolué de telle façon ou risquent d'évoluer de telle autre ; mais cela est très imparfaitement connu et très hypothétique. C'est le point faible de la "typologie pédogénétique".

En revanche, la "typologie morphologique" ou "descriptive" permet le traitement mathématique des "degrés de ressemblance". C'est ce qu'ont fait ou continuent de faire VAN DEN DRIESSCHE et MAIGNIEN (1965), VAN DEN DRIESSCHE et GARCIA GOMEZ (1973), MARTIN et AUBRY (1975), BOTTNER *et al.* (1975), MAU-CORPS et GIRARD (1976), GIRARD (1976, 1977), GIRARD et KING (1988), KING et GIRARD (1988), pour ne citer que des auteurs français.

De nombreux problèmes demeurent cependant : Comment estimer ces "degrés de ressemblance" ? Sur quels critères ? Quelques traits morphologiques peuvent-ils nous suffire pour parvenir à définir des "*types fonctionnels*" (qui seraient les plus intéressants) ?

VI. DIFFÉRENTES TYPOLOGIES

Le découpage du continuum typologique peut être fait plus ou moins finement. En d'autres termes, la typologie peut être plus ou moins détaillée, porter sur un grand nombre de caractères considérés tous ensemble ou sur un petit nombre seulement. En outre, la gamme de variation d'un caractère peut être divisée en un nombre de classes plus ou moins grand.

La sélection de ces caractères peut être orientée par la disponibilité plus ou moins aisée de l'information (d'où le succès des anciennes classifications d'Europe de l'Est : "sols noirs de steppes", "sols gris de prairie", "sols bruns forestiers", "sols cannelle", etc.).

Le choix peut également être orienté par notre jugement de la plus ou moins grande *importance* ou de la plus ou moins grande *signification* de tel ou tel caractère ou de sa capacité *discriminante*. Il peut enfin découler de préoccupations particulières (sylvicoles, géotechniques, etc.).

Il est donc possible de confectionner des typologies rudimentaires qui suffiront dans certains cas, ou bien, à l'inverse, d'élaborer des typologies beaucoup plus fines.

Quatre exemples vont être passés en revue, du plus simple au plus complexe.

1° "Espèces exotiques utilisables..." (ALLEMAND, 1990). L'auteur, qui n'est pas pédologue, annonce que son livre va permettre le choix d'essences de reboisement en fonction du "type de sol". A la lecture de ce livre, on s'aperçoit que seulement 8 critères très simples, représentant 18 modalités, sont employés. Voici un exemple de typologie grossière qui, dans certains cas, peut s'avérer suffisante pour l'objectif visé.

| Critères | Modalités |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| ● Fertilité | fertiles / peu fertiles / stériles |
| ● pH | alcalins / acides / très acides |
| ● Ambiance physico-chimique | calcaires / décarbonatés / siliceux |
| ● Compacité | meubles / (non meubles) |
| ● Pédoclimat | secs / frais / humides |
| ● Epaisseur | superficiels / profonds |
| ● Substrat | à roche calcaire fissurée / ? |
| ● Texture | sableux / assez légers / ? |

2° **Référentiel agronomique des Pays de la Loire** (LENFANT, 1989). Ce référentiel décrit 61 types distincts regroupés en 6 "classes" pour un territoire de cinq départements.

Voici les dénominations des 11 types rassemblés dans la "Classe des sols calcaires à calciques" :

- sol calcaire superficiel sain
- sol calcaire à calcique superficiel caillouteux
- sol calcaire superficiel parfois humide
- limon sableux calcaire à calcique
- limon argileux calcaire à calcique caillouteux
- sable argileux calcaire à calcique
- limon calcique humide moyennement profond
- limon calcaire profond
- limon calcaire humide
- argile rouge calcique profonde

3° **Typologie des sols de l'Yonne, Plateaux de Bourgogne** (BAIZE, 1989). Cet ouvrage présente tous les "types de sols" qui ont pu être répertoriés en 22 ans de cartographie, sur la seule "petite région naturelle" des Plateaux de Bourgogne. Ces types ont été définis en prenant en compte principalement les épaisseurs et les successions des différents "*types d'horizons*", y compris la nature et l'état des roches sous-jacentes (marnes, calcaires variés plus ou moins cryoturbés, mais aussi diverses formations de pentes issues de calcaires durs, crayeux ou oolithiques). Ces types d'horizons sont eux-mêmes définis par les caractères suivants :

- texture, structure, couleur ;
- nature et abondance des éléments grossiers ;
- abondance ou absence de calcaire, pH, etc. (Fig. 1 et tableau I).

46 types ont ainsi pu être distingués (sans compter de nombreuses *variantes*) sans aucune référence à une classification générale pré-existante. Chaque type devant pouvoir être reconnu sur le terrain est décrit en détail, y compris son contexte paysagique et géomorphologique. Certains types ont une extension très faible, d'autres couvrent des milliers d'hectares.

4° A l'échelon international, le **Référentiel Pédologique** est une "typologie de solums conceptuels" (les Références), fondée en grande partie sur une "typologie d'horizons", mais pas seulement. Ce système ne connaît que deux niveaux hiérarchiques : quelques dizaines de Références (120 à 150 quand le système sera complet) et une infinité de "Types".

Remarque : Nous venons de voir qu'un *type* peut être subdivisé en "*sous-types*" ou "*variantes*" et que plusieurs types considérés comme voisins peuvent être regroupés en "*grands types*". On retrouve là, à nouveau, une certaine hiérarchie. Mais c'est une hiérarchie liée surtout à un degré d'analyse plus ou moins fin.

VII. A QUOI SERVENT LES TYPOLOGIES ?

Il y a deux usages principaux des typologies, dans la mesure où elles sont suffisamment détaillées, car des typologies trop grossières ne servent à rien ou, pire, risquent de mener à des erreurs car elles déclarent similaires des choses trop disparates.

Les typologies sont des outils de transfert de l'information par raisonnement de similarité, et c'est la base de la "cartographie typologique".

Des outils de transfert de l'information (tableau II)

Une typologie bien faite permet de *transférer à tous les solums* reconnus comme étant de même type : – toutes les caractéristiques analytiques, – tous les résultats d'essais agronomiques, – toutes les connaissances approfondies acquises ailleurs sur ce même type ; sans avoir à recommencer ces analyses, ces essais (gain de temps et d'argent). Encore faut-il savoir reconnaître facilement et de façon fiable qu'il s'agit bien du même type.

Tableau II : En quoi consiste et à quoi sert une typologie locale (par petite région naturelle) ?

What does a local typology consist of and what is it used for ?

Elle consiste en :

- DESCRIPTION de chaque TYPE DE SOL : morphologie et succession des horizons, nature et état de la roche sous-jacente ; caractéristiques analytiques (sous forme de fourchettes) pour chaque horizon majeur ; situation géomorphologique, etc.
- PROPRIÉTÉS AGRONOMIQUES, forestières, géotechniques, etc. ; contraintes de chaque type... Données sur le comportement, le fonctionnement hydrique et structural, etc.
- RATTACHEMENT de chaque type au référentiel national
- PRÉSENTATION des principales toposéquences de sols, sous la forme de schémas ou de blocs-diagrammes
- CLÉ DE RECONNAISSANCE utilisable sur le terrain
- PRÉSENTATION générale de la petite région naturelle (relief, altitudes, climat, hydrologie, schéma stratigraphique et lithologique des roches, formations superficielles, végétation naturelle, paysage rural, etc.).
- CARTES, liste des communes concernées, etc.

Objectifs : permettre de

- RECONNAITRE un type de sol, à l'échelon de la parcelle
- EVITER de refaire des analyses de sols pour un type de sol déjà bien analysé
- RELIER étroitement les données pédologiques (observations, résultats analytiques) et les CONTRAINTES agronomiques, forestières ou environnementales
- constituer un OUTIL D'AIDE A LA DÉCISION (aménagement, évaluation des sols)
- conforter les conseillers dans la réalisation des DIAGNOSTICS AGRONOMIQUES
- PRÉSENTER les types de sols pour les jeunes conseillers ou tous autres intervenants nouveaux dans la petite région naturelle
- mieux CHOISIR l'emplacement de chaque ESSAI agronomique ou sylvicole en précisant le type de sol sur lequel il est réalisé. D'où la possibilité d'interpréter les résultats expérimentaux et de les EXTRAPOLER à toutes les parcelles ou fractions de parcelles présentant le même type de sol (sous climat similaire)
- CLASSER les "analyses de terre" selon une grille rigoureuse et non plus d'une façon vague, d'où la possibilité d'établir (enfin) des statistiques raisonnables et significatives (par types de sols)
- mieux CALER LES NORMES pour l'interprétation des analyses de terre.

Le rattachement d'un solum observé à un type déjà connu

WEBSTER et OLIVER (1990) emploient le terme "allocation", qu'ils définissent comme "l'affectation d'individus (statistiques) à des classes ou l'identification d'individus comme appartenant à ces classes". Si l'on dispose de la description complète d'un solum et d'un certain nombre de déterminations analytiques, comment juger du rattachement (ou non) de cette "unité d'information" (GIRARD, 1983) à tel ou tel type déjà connu ? Jusqu'à quel degré de dissemblance avons-nous le droit de rattacher le solum effectivement étudié à ce type ? En d'autres termes, comment placer des limites à un type dans l'espace typologique ?

Cette question est traitée et partiellement résolue dans l'introduction du Référentiel Pédologique (Fig. 2). Cette figure est en deux dimensions, mais elle s'efforce de décrire des volumes dans un espace logique multidimensionnel. L'idée fondamentale est celle d'une plus ou moins grande ressemblance, laquelle peut être estimée à l'aide de distances mathématiques.

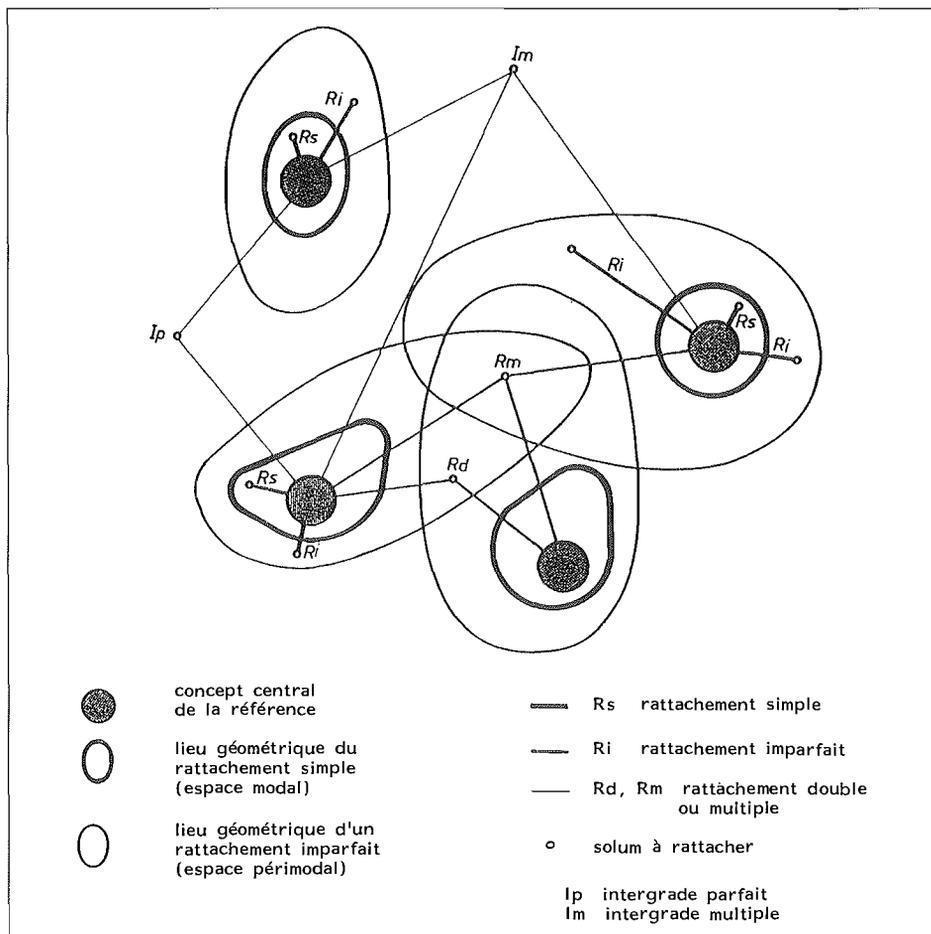


Figure 2 : La notion de rattachement selon le Référentiel Pédologique 1992

The "linkage" according to the Référentiel Pédologique 1992

– Le concept central de chaque Référence est un volume non sphérique et non un point. Cela signifie que la Référence est plutôt définie par des "fourchettes" que par des moyennes ou modes.

– Tout autour de chaque volume de "rattachement simple", il existe des volumes à l'intérieur desquels il y a ressemblance suffisante pour que le solum observé puisse être rattaché à une ou plusieurs Références (lieu de rattachement imparfait – Rd et Rm).

– A l'extérieur de chaque volume de "rattachement imparfait", il demeure de vastes espaces vides dans lesquels un solum ne peut plus être rattaché à aucune des Références. Ces vides correspondent aux "intergrades", à tout ce qui est "atypique", mais aussi à de nouvelles Références à créer si, dans l'avenir, des observations multiples viennent se situer dans un même petit secteur de l'espace typologique.

Demeure cependant le problème crucial du passage entre le solum étudié (observation ponctuelle) et le territoire environnant dont il est plus ou moins bien représentatif. Ce problème, au cœur de la problématique spatiale, n'est pas réglé par la typologie.

Pourquoi chercher à réaliser des typologies détaillées ?

Parce que l'on fait l'hypothèse que

si plusieurs solums ont :

- même roche-mère (origine, nature et état),
- même "histoire",
- même position topographique,
- même morphologie (c'est-à-dire mêmes horizons se succédant dans le même ordre avec des épaisseurs similaires), – donc mêmes constituants ;

alors :

- ces solums ont toutes chances de présenter les mêmes comportements, les mêmes fonctionnements et les mêmes aptitudes et contraintes à telle ou telle utilisation humaine.

Aussi tente-t-on de faire la typologie la plus détaillée possible, avec l'arrière-pensée que, peut-être, certaines nuances auront une importance pratique pour tel ou tel thème, même si aujourd'hui on n'en est pas certain. Il est plus facile de regrouper des "sous-types" non significatifs que de subdiviser après coup des "grands types" trop vagues.

La cartographie typologique

Toute "*cartographie typologique*" (BAIZE et KING, 1992) est fondée sur une typologie personnalisée, c'est-à-dire adaptée au terrain étudié et au jeu de données recueillies. La cartographie typologique s'efforce de définir d'abord des "types morphologiques" qui soient à la fois significatifs par rapport aux éléments de l'environnement et de la formation des Couvertures Pédologiques et opératoires en matière d'utilisation ou d'aménagement. Après quoi, il s'agit de délimiter dans l'espace l'extension de ces différentes unités typologiques.

Une fois terminée la première phase de recueil des informations sur le terrain, la démarche consiste en une classification ascendante des données, en termes d'horizons puis de solums. Parmi les nombreux sondages et fosses effectivement observés lors de la prospection, le pédologue élabore sa *classification personnelle*, adaptée à la carte qu'il est en train d'établir et fondée uniquement sur les informations objectives recueillies (BUTLER, 1980). Il décide de distinguer tels et tels solums et de regrouper tels et tels autres. Il constitue ainsi sa légende de travail : énumération plus ou moins

organisée des "types" qu'il entend distinguer et délimiter sur sa carte, accompagnée de leurs définitions et des critères qui les discriminent. Ce traitement de données est tributaire :

- des informations recueillies (qualité et quantité),
- de l'expérience personnelle du pédologue,
- des préoccupations thématiques du demandeur ou de l'utilisateur.

Rappelons la différence fondamentale entre "unité typologique" et "unité cartographique" (BAIZE et KING, 1992). Une *unité cartographique* n'a d'existence que dans le cadre précis de la représentation d'une couverture pédologique sous la forme d'une *carte avec une échelle graphique donnée*. Une *unité typologique*, elle, est une "catégorie" conceptuelle définie dans le domaine où le sol est considéré *en lui-même*, sans aucune référence à une localisation précise ni à une extension spatiale. Désormais, pour la gestion des Banques de données et des SIG, il est *nécessaire* de dissocier nettement unité typologique et unité cartographique. Autrefois, pour l'élaboration de "cartes-papier", il n'en était pas de même : rien n'aurait servi de définir de nombreuses Unités Typologiques à définitions très "étroites", si on était incapable de les délimiter sur un fond de carte de façon fiable.

BOULAIN fut le premier, en France, à prôner pour notre discipline cette "disjonction entre cartographie et taxonomie" et à clairement distinguer entre les trois domaines du réel, de l'image et du conceptuel (BOULAIN, 1978, 1980, 1981 et 1982).

La cartographie typologique ainsi fondée sur des "types morphologiques" (BAIZE et VOILLIOT, 1989) présente l'avantage de pouvoir transmettre à l'utilisateur de la carte des informations à la fois plus objectives, plus riches, plus simples et plus durables.

- **Informations plus objectives et moins interprétatives** : la carte délimite un certain nombre d'unités typologiques qui résultent seulement de l'observation. Cela n'exclut pas un traitement subjectif des données, car il faut découper et schématiser les couvertures pédologiques en "types d'horizons" puis en "types de solums", opérations mentales qui nécessitent des choix et des hiérarchisations de critères. Plus tard, chaque type pourra toujours être étudié de façon beaucoup plus détaillée : - quant à son fonctionnement hydrique et structural ; - en ce qui concerne sa pédogenèse, sa minéralogie détaillée, etc. Le comportement agronomique pourra être testé ultérieurement par des essais de variétés, de fertilisation ou de travail du sol.

- **Informations plus riches**, car elles prennent en compte un plus grand nombre de critères de grande importance agronomique ou forestière, trop rarement considérés dans le cas des cartes pédogénétiques (textures, épaisseurs, abondance et nature des éléments grossiers, état et profondeur des roches sous-jacentes).

- **Informations plus simples** : les types de sols sont décrits en recourant à un vocabulaire très général, comportant un nombre de mots limité.

- Etant essentiellement descriptives, ces informations **vieillissent peu**, car non liées à un système de classification pré-établi ni à une terminologie particulière. La généralisation du Référentiel Pédologique en remplacement de la Classification C.P.C.S. n'aura aucune incidence sur des travaux ainsi conçus et déjà publiés.

Compatibilité entre typologies locales et nationales

A tout inventaire local, cartographique ou non, correspond une typologie locale *adaptée* au milieu naturel étudié et à une éventuelle préoccupation particulière. Pour un

inventaire ou une publication cartographique nationale, *a fortiori* internationale, on aura tendance à se référer à une typologie plus générale, nationale ou mondiale. Naturellement, il est souhaitable que les typologies locales, élaborées ici ou là en France, soient compatibles avec le Référentiel Pédologique national (Fig. 3).

| DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES | TYPLOGIES | ÉCHELON D'UTILISATION |
|--|------------------------------------|----------------------------|
| | | MONDE |
| | RÉFÉRENTIEL PÉDOLOGIQUE | C.C.E. |
| SYNTHÈSES A 1/1 000 000 | | FRANCE |
| | | RÉGION |
| DOCUMENTS A 1/250 000 | | DÉPARTEMENT |
| | TYPLOGIE LOCALE | PETITE RÉGION NATURELLE |
| CARTOGRAPHIE A MOYENNES ÉCHELLES 1/50 000 et 1/100 000 | | CANTON |
| | | COMMUNE |
| CARTOGRAPHIE A GRANDES ÉCHELLES 1/5 000 et 1/10 000 | | EXPLOITATION |
| | | PARCELLE |

Figure 3 : Typologies et échelon d'utilisation
Typologies and level for use

Que cela implique-t-il ? Comment supprimer ou au moins diminuer ce que BUTLER (1980) appelle le "hiatus taxonomique" et qui, selon cet auteur, sépare irrémédiablement tout système général de classification et les catégories établies localement comme base de la cartographie d'un territoire limité ?

Remarquons d'abord que le système de référence nationale dont nous parlons est une typologie avec une organisation hiérarchique de ses catégories très limitée et peu de "taxonomic chops" ("coups de hache" taxonomiques). La compatibilité entre une typologie locale et une typologie nationale implique qu'elles soient toutes deux construites

selon la même méthode et le même schéma : – les horizons conceptuels servant de base à la reconstitution de solums-conceptuels ; – ces horizons étant eux-mêmes classifiés en fonction de leurs caractères observables (épaisseur, couleur, texture, signes d'hydromorphie, nature et quantité des éléments grossiers, etc.) et non selon des interprétations pédogénétiques plus ou moins hasardeuses.

Contrairement à ce que certains pourraient croire, le Référentiel Pédologique ne vaut pas tellement par sa partie d'interprétation (rattachement à une Référence ou à plusieurs) que par la possibilité (et même l'ardente obligation) d'employer un certain nombre de Qualificatifs pour compléter largement l'information déjà transmise par le choix de la Référence. Ces mêmes Qualificatifs peuvent être employés aussi bien à l'échelon local qu'à l'échelon hexagonal, ce qui devrait permettre une bonne compatibilité entre ces deux niveaux.

CONCLUSION

D'abord, soulignons à nouveau les relations subtiles et paradoxales en Pédologie entre le *domaine typologique* et le *domaine spatial*. Il faut, *dans un premier temps*, bien distinguer ces deux domaines pour mieux comprendre, *ensuite*, leurs relations dialectiques au cours de ce que l'on appelle la "cartographie des sols".

En dernier lieu, laissons la parole à CHATELIN qui écrivait, dès 1972 :

"Il ne nous semble pas que les concepts de genèse et d'évolution des sols puissent se conserver avec leur aspect doctrinal et leur arrière-plan philosophique à l'époque de la cybernétique, de l'analyse systémique et du structuralisme. L'habitude conserve encore genèse et évolution parmi les maîtres-mots d'un certain langage pédologique, mais cela ne doit pas masquer un certain renouvellement des idées. La pédologie actuelle doit être *descriptive* dans le sens le plus large, un système donné s'analysant suivant *tous ses composants* et non seulement suivant ceux dont on pense connaître les fonctions "génétiques". La typologie a renouvelé la façon de concevoir les sols et d'établir les modèles qui les représentent."

Reçu pour publication : Mai 1992

Accepté pour publication : Septembre 1992

BIBLIOGRAPHIE

- A.F.E.S., 1992. – *Référentiel Pédologique 1992*, I.N.R.A., Paris, 222 p.
 ALLEMAND P., 1990. – Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne. I.N.R.A., Paris, 148 p.
 BAIZE D., 1986. – Couvertures pédologiques, cartographie et taxonomie. *Science du Sol*, 24, 3, 227-243.
 BAIZE D., 1989. – *Typologie des sols de l'Yonne, Plateaux de Bourgogne*. I.N.R.A., Orléans, 154 p.

- BAIZE D. et KING D., 1992. – La modélisation spatiale des couvertures pédologiques. "Carte papier" et S.I.G. Séminaire Systèmes d'Information Géographique, Florac, octobre 1991, 17-71.
- BAIZE D. et VOILLIOT J.-P., 1989. – La cartographie des sols de l'Yonne à 1/50 000. *Science du Sol*, 27, 1, 25-28.
- BECKER M., 1985. – Démarche méthodologique préconisée pour la typologie des stations forestières. Lille. Colloques phytosociologiques (XIV), 299-311.
- BECKER M., 1986. – Avantages et limites de l'étude de la végétation spontanée pour la typologie des stations forestières. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 72, 10, 875-882.
- BOTTNER P., GRANDJOUAN G. et NEDELKA E., 1975. – Classification des sols par une méthode multivariable. Application à une séquence bioclimatique méditerranéo-alpine sur roches-mères calcaires. *Geoderma*, 14, 15-46.
- BOULAIN J., 1957. – Principes et méthodes de la pédologie. *Bull. Soc. Hist. Naturelle d'Afrique du Nord*, Alger, T. 48, 21-48.
- BOULAIN J., 1978. – Les unités cartographiques en pédologie. Analyse de la notion de Génon. *Science du Sol*, 1, 15-30.
- BOULAIN J., 1980. – *Pédologie appliquée*. Masson, Paris, 220 p.
- BOULAIN J., 1981. – *Cours de Typologie Pédologique*. I.N.A. Grignon. Multicopie, 4 volumes, 275 p.
- BOULAIN J., 1982. – Problèmes épistémologiques de la classification des sols. In : *Livre Jubilaire Gabriel Lucas*. Mémoires géologiques, Univ. Dijon, n° 7, B.R.G.M., Orléans, 119-127.
- BRETHES A., 1989. – La typologie des stations forestières. Recommandations méthodologiques. *Revue Forestière Française*, XLI, 1, 7 à 27.
- BRUAND A., 1990. – Improved prediction of water-retention properties of clayey soils by pedological stratification. *Journal of soil science*, 41, 491-497.
- BUTLER B.E., 1980. – *Soil Classification for Soil Survey*. Oxford University Press, 129 p.
- CAPILLON A., 1986. – Comment extrapoler les solutions en matière d'organisation du travail. *B.T.I.* 412/413, 791-801.
- CAPILLON A., SEBILLOTTE M., 1980. – Etude des systèmes de production des exploitations agricoles. Une typologie. In : *Séminaire inter-Caraïbes sur les systèmes de production*. Pointe-à-Pitre, 85-111.
- CERF M. et al., 1987. – La typologie des exploitations. *Chambres d'agriculture*. Suppl. au n° 743, 52 p.
- CHATELIN Y., 1972. – Eléments d'épistémologie pédologique. Application à l'étude des sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol. X, n° 1, 3-23.
- DEFONTAINES J.-P. et PETIT M., 1985. – Comment étudier les exploitations agricoles d'une région. I.N.R.A., S.A.D., *Etudes et Recherches* n° 4, 47 p.
- DUCHAUFOR Ph., 1983. – *Pédologie. Pédogenèse et classification*. Masson, 491 p.
- FITZPATRICK E.A., 1971. – *Pedology, a Systematic Approach to Soil Science*. Oliver & Boyd, Edimburgh.
- FITZPATRICK E.A., 1983. – *Soils. Their formation, classification and distribution*. Longman, London, 353 p.
- FRIDLAND V.M., 1972. – *Structura pochviennovo pochrova*. Acad. Sciences d'U.R.S.S. Institut de géographie, Moscou.
- GIRARD M.-C., 1976. – Recherche d'une méthodologie pédologique en matière de traitement statistique des données de sol. *Science du Sol*, 3, 177-204.
- GIRARD M.-C., 1977. – L'horizon mis à l'épreuve statistique. *Science du Sol*, 4, 219-230.

- GIRARD M.-C., 1983. – *Recherche d'une modélisation en vue d'une représentation spatiale de la couverture pédologique*. Thèse. Département des sols n° 12, I.N.A., 432 p.
- GIRARD M.-C. et KING D., 1988. – Un algorithme interactif pour la classification des horizons de la couverture pédologique : DIMITRI. *Science du Sol*, 26, 2, 81-102.
- HOLMGREN G.G.S., 1986. – The soil individual. *Transactions XIII^e Congrès International de la Science du Sol*, 3, 1146-1147.
- HOLMGREN G.G.S., 1988. – The Point Representation of Soil. *Soil Sc. Soc. Am. J.*, Vol. 52, 712-716.
- KING D., 1987. – Modélisation de l'approche cartographique du comportement des sols. *Science du Sol*, Vol. 25, 2, 107-121.
- KING D. et GIRARD M.-C., 1988. – Réflexions sur la classification des profils de la couverture pédologique. Proposition d'un algorithme : VLADIMIR. *Science du Sol*, 25, 4, 239-254.
- LENFANT A., 1989. – *Référentiel agronomique. Les sols des Pays de la Loire*. Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire. 325 p.
- MANICHON H., 1982. – L'action des outils sur le sol : appréciation de leurs effets par la méthode du profil cultural. *Science du Sol*, 3, 203-219.
- MARTIN D. et AUBRY A.-M., 1975. – Comparaisons de profils du Congo par des distances. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol. XIII, 2, 175-190.
- MAUCORPS J. et GIRARD M.-C., 1976. – Essai de classement de sols calcaires par traitement statistique. Comparaison avec la classification française. *Pédologie*, XXVI, 3, 225-254.
- MENIER D., BORNAND M. et HINSINGER Ph., 1987. – Cartographie et typologie des sols en moyennes montagnes cristallines et cristallophylliennes. In : *Agrométéorologie des régions de moyenne montagne*. Colloques de l'I.N.R.A. n° 39, Paris, 107-118.
- MILL J.S., 1874. – *A system of logic*. Harper & brothers, New York, XV, 17, 659 p.
- OSTY P.L., 1971. – Influence des conditions du sol sur son humidité à pF 3. *Ann. Agron.*, 22, 4, 451-476.
- POLLOK J.A., 1990. – Soil as substance and soil as relational system. *Transactions XIV^e Congrès International de la Science du Sol*, V, 185-190.
- RAMEAU J.C., 1985. – *Typologie des stations forestières, concepts et méthodes*. ENGREF, Nancy, 66 p.
- RUELLAN A., 1985. – Les apports de la connaissance des sols intertropicaux au développement de la pédologie : la contribution des pédologues français. *Catena*, 12, 1, 87-98.
- SEBILLOTTE M., 1990. – Améliorer la gestion de la fertilité physique par l'agriculteur : réflexions pour une politique régionale. In : *La structure du sol et son évolution*. I.N.R.A., Paris, 187-216.
- TEDALDI B., 1980. – *Définition de divers groupes d'horizons calcaires*. Multicopié, 38 p.
- U.S.D.A., 1975. – *Soil Taxonomy*. Agriculture handbook n° 436. Washington, 754 p.
- VAN DEN DRIESSCHE R. et MAIGNIEN R., 1965. – Application d'une méthode de la statistique approfondie à la pédologie. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, III, 1,79-88.
- VAN DEN DRIESSCHE R. et GARCIA GOMEZ A., 1973. – Comparaison multivariable non paramétrique des profils sans nomenclature d'horizons. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, XI, 34, 257-267.
- WEBSTER R. and OLIVER M.A., 1990. – *Statistical methods in soil and land resource survey*. Oxford University Press, 316 p.
- Le Dictionnaire des Sciences, 1990. – Sous la direction de Lionel SALEM, Hachette, 482 p.

