

Jean - Pierre WACQUANT

INGÉNIEUR HORTICOLE
DOCTEUR DE SPÉCIALITÉ DE SCIENCES BIOLOGIQUES
(OPTION ÉCOLOGIE VÉGÉTALE)

CONCEPTION
GÉOPÉDOLOGIQUE ET PHYTO-ÉDAPHIQUE
POUR L'ÉTUDE DES
FORMATIONS SUPERFICIELLES TERRESTRES

Distribution limitée

DOCUMENT N° 29

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE D'ÉTUDES PHYTOSOCIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES

B. P. 1018 MONTPELLIER

Juin 1966

A V A N T - P R O P O S

Le présent mémoire est le résultat de travaux phyto-écologiques, pédologiques et géomorphologiques inédits.

Nos premières études ont commencé en 1959, au Laboratoire de Biologie Végétale (Directeur : G. MANGENOT) et au Laboratoire de Pédologie (Directeur : N. LENEUF) de l'Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales (Directeur : G. MANGENOT) de l'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER (O.R.S.T.O.M.) en Côte d'Ivoire. Ces études ont été poursuivies et ont été largement développées au Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques (Directeur : L. EMBERGER ; Sous-Directeur : G. LONG) du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE à MONTPELLIER.

Nous devons à :

- M. le Professeur G. MANGENOT, de la Faculté des Sciences de PARIS, membre correspondant de l'Institut des Sciences d'outre-mer, Directeur de l'Institut de Botanique d'ORSAY, notre orientation en phyto-édaphologie,
- M. B. DABIN, Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M., notre formation pédologique et agrologique de laboratoire (Laboratoire de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M. en Côte d'Ivoire),
- M. le Professeur L. EMBERGER, membre correspondant de l'Institut, et à M. G. LONG, Sous-Directeur d'Institut de Recherche, un bienveillant et permanent encouragement à poursuivre nos recherches conformément à un programme que nous avons proposé et dont le présent mémoire constitue un premier maillon de résultats.

Nous souhaitons vivement que ce travail soit pour eux, un témoignage de notre profonde gratitude à leur égard.

Nous devons associer aux personnes précédemment citées, les noms des personnalités suivantes, spécialistes de la Science du sol et des disciplines voisines qui ont eu une influence extrêmement importante sur notre formation, par leurs publications ou à la suite de contacts directs : nous citerons MM. A. ANSTETT, G. AUBERT, R. BLANCHET, J. BOULAIN, G. BOUTEYRE, A. DEMOLON, Ph. DUCHAUFOR, J. DUPUIS, M. DUPUIS, P. DUVICNEAUD, H. ERMANT, B. GEZE, S. HENIN, H. JENNY, G. LEMEE, P. LOSSAINT, G. MANIL, J. MONTEGUT, G. PLAISANCE, P. RUTTEN, Ch. SAUVAGE, R. SCHNELL, J. TRICART, J. VIGNERON, ainsi que leurs collaborateurs ou leurs élèves.

Que ceux que nous aurions pu oublier par mégarde, veuillent bien agréer, eux aussi, nos plus vifs remerciements.

. . .

.

L'idée de ce mémoire prit corps lorsque, en 1964, M. le Professeur EMBERGER et M. LONG nous confiaient la rédaction d'un chapitre relatif aux sols, destiné à la nouvelle version (M. GODRON et al., 1962) de la METHODE, mise au point au Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques (C.E.P.E.) POUR L'INVENTAIRE DE LA VEGETATION ET DES MILIEUX NATURELS.

Présenter une méthode phyto-écologique pour l'étude des milieux édaphiques naturels nécessitait des mises au point nombreuses et des recherches particulières.

Ce sujet tout à la fois passionnant et parfois ingrat, nous a conduit inévitablement, pensons-nous, à explorer certains aspects de principes fondamentaux.

Les résultats de nos recherches sont présentés en deux parties, l'une consacrée aux principes, l'autre réservée à la méthode.

Ce travail repose, outre les mises au point de type bibliographique, sur des recherches particulières sur le terrain et au laboratoire. Nous devons aussi, beaucoup aux confrontations amicales que nous avons eu, sur ce sujet, avec nos maîtres et nos collègues du C.E.P.E.

Le seul exposé des principes et de la méthode, représentant à lui seul un volume important, nous avons dû renoncer à en présenter les applications, élaborées par ailleurs, qui pouvaient constituer une troisième partie illustrant le thème général.

Nous devons dire cependant, que cette partie non présentée sera ultérieurement l'objet de publications.

° ° °

Nous ne saurions présenter ce mémoire sans exprimer à M. le Professeur L. EMBERGER, notre respectueux attachement et notre profonde reconnaissance pour son enseignement, ses conseils et la stimulante confiance qu'il nous témoigne.

Qu'il nous soit permis également d'adresser nos remerciements les plus vifs à M. le Professeur Ch. SAUVAGE, Directeur de l'Institut de Botanique pour avoir consacré beaucoup de son temps à un examen minutieux et fructueux de notre manuscrit.

Nous remercierons chaleureusement, aussi, pour leurs critiques, leurs suggestions et leurs encouragements formulés au cours de réunions de travail ou d'entretiens particuliers :

- MM. - G. LONG, Sous-Directeur du C.E.P.E.
- P. LOSSAINT, Chef de la Section d'éco-pédologie du C.E.P.E.
- M. GODRON, Chef de la Section de phytosociologie théorique et expérimentale du C.E.P.E.

- G. GRANDJOUAN, Ph. DAGET, H. BRISSE, J. POISSONET,
M. MARLANGE, Ingénieurs du C.N.R.S., phyto-écologistes
au C.E.P.E.
- P. ESPIAU, Chef de la Section d'analyses au C.E.P.E.
- P. BOTTNER, Attaché de recherche au C.E.P.E.
- L. PASSAMA, assistant à l'Institut de Botanique de Montpellier.

Nous dirons enfin, combien nous sommes reconnaissants aux responsables et personnels, des services administratifs et de la bibliothèque du C.N.R.S. à Montpellier, des sections de dessin-reproduction, de mécanographie, de secrétariat du C.E.P.E., pour leur aide efficace dans la réalisation matérielle de ce mémoire.

Ce mémoire a été présenté sous forme de thèse, le 23 juin 1966, devant un jury de la Faculté des Sciences de Montpellier, pour obtenir le grade de Docteur de spécialité de Sciences biologiques (mention Biologie Végétale - option Ecologie).

° °
°

Aux membres du jury de thèse,

M. le Professeur L. EMBERGER, correspondant de l'Institut,

M. le Professeur Ch. SAUVAGE,

M. P. LOSSAINT, Maître de recherche au C.N.R.S.,

j'adresse mes remerciements, pour avoir bien voulu me faire l'honneur de juger ce travail.

° °
°

Ce mémoire est dédié à ma femme.

R E S U M E

Le mémoire comporte l'exposé de principes et d'une méthode pour l'étude phyto-écologique des milieux édaphiques naturels.

Le développement d'un tel sujet a nécessité des mises au point nombreuses, en partie bibliographiques, des recherches particulières de terrain et de laboratoire ainsi que des confrontations avec les spécialistes des questions abordées.

°
° °

L'étude phyto-écologique des milieux édaphiques naturels fait appel à des disciplines aussi variées que la taxinomie, la phytosociologie, la pédologie, la géomorphologie, la géologie, etc. ~~non~~, ainsi qu'à toutes leurs disciplines connexes que sont la physiologie, la climatologie, la sédimentologie, la minéralogie, la physique et la chimie du sol etc. ~~non~~. Nous présentons une conception d'étude qui intègre harmonieusement chaque discipline en un ensemble qui n'est plus une juxtaposition de spécialités.

Pour présenter cette conception phyto-écologique, élaborée pour l'étude des milieux édaphiques naturels, nous avons analysé en détail les divers concepts relatifs à l'écologie végétale, à ses branches et disciplines connexes de recherche.

Pour chacun des concepts définis, nous avons rattaché un terme ou une expression emprunté à la littérature scientifique, et le moins ambigu possible. Souvent, un terme ou une expression couvrent communément plusieurs concepts (cas du terme "sol" par exemple). Finalement le débat présenté se situe non pas au niveau des termes, mais au niveau des concepts.

ANALYSE SOMMAIRE DE LA PREMIERE PARTIE

Dans la première partie du mémoire, intitulée : "essai de méthodologie", nous démontrons

1) la nécessité de bien séparer deux aspects complémentaires de l'étude du milieu édaphique.

a) l'aspect morphologique et morphogénétique qui permet surtout de définir dans l'espace l'étendue des unités "homologues".

b) l'aspect phyto-écologique proprement dit qui permet de définir, sur une base physiologique, les unités "analogues" dans le cadre précédemment défini des unités homologues. Les unités analogues sont caractérisées essentiellement par leurs potentialités phytotrophiques (alimentation en eau et en éléments nutritifs).

2) La nécessité de concevoir l'étude morphologique et morphogénétique aussi bien sous l'angle pédologique que géomorphologique ou géologique.

Généralement, l'étude édaphique n'est abordée que sous l'angle pédologique or la pédogénèse n'est qu'un élément de la morphogénèse. Pour signifier cette pluralité d'emprunt à la géologie, à la géomorphologie et à la pédologie, nous utilisons le qualificatif GEOPÉDOLOGIQUE.

Pour des raisons du même ordre, nous utilisons préférentiellement l'expression "formation superficielle terrestre" à la place du terme "sol" qui est trop restrictif ou ambigu. Les formations superficielles meubles, rocheuses ou aqueuses constituent plus généralement que les sols des pédologues, les substrats des végétaux dans la nature.

D'autre part, pour désigner l'aspect particulier de l'étude phyto-écologique proprement dite du milieu édaphique, nous employons le terme PHYTO-EDAPHIQUE qui est une contraction de phyto-écologique édaphique.

Dans la partie consacrée à la méthodologie, nous exposons le résultat de nos recherches sur une classification des types morphologiques de substrats de végétaux ; en outre, nous résolvons le problème de l'étude géomorphologique, à l'échelle stationnelle, par le recours aux notions de formations mono - ou polygéniques, mono - ou polyphasées, etc.

ANALYSE SOMMAIRE DE LA DEUXIEME PARTIE

Dans la deuxième partie du mémoire nous présentons la méthode élaborée pour l'étude stationnelle d'une grande partie des substrats de végétaux, à savoir, les formations superficielles terrestres non hydromorphes ou plus ou moins hydromorphes. L'étude des formations aquatiques marines ou continentales se référant aux méthodes hydrobiologiques est très spéciale et n'est pas traitée dans le propos.

La méthode est basée sur l'emploi de formulaires adaptés aux besoins généraux et particuliers de l'étude géopédologique et phyto-édaphique. Pour chaque rubrique d'étude, un exposé aussi complet que possible a été présenté.

Parmi les diverses mises au point effectuées sur l'origine génétique, la couleur, la structure des matériaux, etc., l'étude de la texture a fait l'objet de recherches étendues en rapport direct avec la classification des substrats de végétaux (1ère partie). Nous étendons la notion de texture à tous les composants particuliers édaphiques (texture globale), en distinguant un point de vue qualitatif et un point de vue quantitatif, rejoignant par là, les préoccupations des pédologues et des sédimentologues ;

nous avons, d'autre part défini et normalisé les termes et expressions nominales en établissant des règles de nomenclature. En outre, il est proposé par l'interprétation des données texturales, une série ordonnée de modes de représentations graphiques.

Enfin, ce travail comporte une codification de toutes les observations et interprétations qui doit permettre non seulement l'exploitation statistique, mais encore une pré-interprétation des profils, car la codification adoptée permet d'attribuer un coefficient numérique à chaque observation en rapport avec la hiérarchie des éventualités dénombrées.

I N T R O D U C T I O N

L'analyse épistémologique de travaux phyto-écologiques, ainsi que nos premières études entreprises en écologie végétale au contact de nos maîtres, nous ont bien fait ressentir la nécessité impérieuse de PENSER EN ECOLOGISTE les problèmes de relations milieu-végétation.

Nous affirmons ce point de vue qui peut paraître paradoxal, parce que, trop nombreux sont les travaux écologiques où le milieu n'est pas étudié sur une base réellement biologique, c'est-à-dire tenant grand compte des fonctions physiologiques des taxons concernés.

La nécessité de distinguer un aspect biologique original et fondamental dans l'étude écologique des sols, conduit à rechercher la place et l'importance de l'étude pédologique en écologie végétale.

Si les travaux pédologiques ont largement contribué à une meilleure connaissance d'un des éléments importants du milieu naturel des végétaux (... Soil Survey Manual, 1951 ; A. DEMOLON, 1959 ; A. AUBERT et Ph. DUCHAUFOR, 1956 ; S. HENIN et al., 1960 ; Ph. DUCHAUFOR, 1965, etc.) nous devons signaler, pour des applications en écologie végétale, les inconvénients de certaines tendances à confondre :

- 1) caractères pédogénétiques et caractères phyto-écologiques édaphiques
- 2) formations pédologiques (types génétiques de sols par exemple) et milieux phyto-écologiques édaphiques
- 3) pédogénèse et morphogénèse des substrats de végétaux

Nous devons à H. PALIMANN (1947) et à G. MANIL (1956, 1959) d'avoir souligné la nécessité de "prévoir une conception pédologique et une conception édaphique pour l'étude des profils ... La première s'intéresse à l'"anatomie" telle qu'elle est décrite classiquement, et la seconde envisage "la physiologie actuelle" du profil, indépendamment de celle que le profil possédait au moment de sa génèse". (G. MANIL, 1959 : 225-226).

Nous devons également à G. MANIL (1959, 227) d'avoir souligné certaines insuffisances de la pédologie en écologie végétale :

"Le botaniste se forge tout naturellement une conception écologique et fait rentrer dans le profil l'ensemble des horizons qui exercent une influence sur le développement de la flore. Le végétal peut très bien satisfaire une partie de ses besoins en eau et en éléments nutritifs aux dépens de couches profondes qui ne représentent plus rien de spécial pour le pédologue".

Nous devons par ailleurs, à J. TRICART (1962-1965) en particulier, d'avoir montré les insuffisances des études morphogénétiques de profils, établies sur la base d'études strictement pédologiques.

En démontrant les insuffisances de la pédologie, d'une part, sur le plan de la morphogénèse du profil et, d'autre part, sur le plan phyto-écologique nous serons conduit à établir une distinction fondamentale entre l'étude morphogénétique du profil et son étude phyto-écologique (CONCEPTION PHYTO-EDAPHIQUE).

D'autre part, nous proposerons d'envisager l'étude morphogénétique aussi bien sous ses aspects géologiques, géomorphologiques, que pédologiques ; c'est pourquoi nous utiliserons l'adjectif "géopédologique" pour désigner la conception (CONCEPTION GEOPEDOLOGIQUE) qui permettra d'étudier la morphologie et la morphogénèse des FORMATIONS SUPERFICIELLES TERRESTRES qui constituent (plus généralement que les "sols des pédologues") les SUBSTRATS DES VEGETAUX dans la nature.

Une telle étude épistémologique et méthodologique faisait défaut dans le domaine de l'étude phyto-écologique des milieux édaphiques ; c'est pourquoi nous y avons consacré toute notre attention et nos moyens d'études.

Les conceptions émises et la méthode proposée dans ce mémoire devraient permettre, non seulement de mettre plus facilement des faits en évidence (phase préliminaire scientifique), mais encore d'approcher l'aspect phyto-physiologique permettant d'expliquer les faits constatés (phase scientifique majeure).

Ce mémoire comportera deux parties.

La première partie intitulée "essai de méthodologie éco-pédologique" commencera par une analyse de concepts, de termes et de conceptions d'études et se poursuivra par des propositions qui permettront d'aborder la seconde partie qui concerne ce que nous avons appelé "la méthode géopédologique et phyto-édaphique".

Par cette seconde partie nous aborderons en détail et de façon très générale, trois aspects complémentaires de l'étude édaphique en écologie végétale, à savoir l'étude morphologique (descriptive), l'étude morphogénétique et l'étude phyto-édaphique.

PREMIERE PARTIE

ESSAI DE METHODOLOGIE ECO-PEDOLOGIQUE

Nous chercherons, dans cette première partie, à délimiter et à définir les divers concepts relatifs à l'écologie végétale, à ses branches et disciplines connexes de recherche.

Pour chacun des concepts définis, nous avons tenté de rattacher un terme ou une expression qui soient le moins ambigu possible. Souvent, un seul terme ou expression couvrent communément plusieurs concepts (cas du terme "sol", par exemple).

Nous avons donc situé le débat, non pas au niveau des termes, - hélas, trop souvent critiquables par l'usage qui en a été fait -, mais au niveau des concepts. Pour désigner ces concepts, dont certains doivent être mis en relief, nous n'avons fait appel qu'aux diverses propositions ou sollicitations que l'on rencontre dans la littérature scientifique. Face à certaines carences d'expression nous avons eu recours parfois, à l'emploi de termes composés plus ou moins usités.

Chemin faisant, nous aborderons les questions de principes en pédologie, en géomorphologie et en écologie végétale ; nous serons amenés à distinguer, dans un but de recherche, d'une part, une conception géopédologique permettant l'étude morphogénétique du milieu édaphique sur une base aussi bien géomorphologique que pédologique et, d'autre part, une conception phyto-édaphique qui doit mieux répondre aux préoccupations biologiques propres à l'écologie végétale.

CHAPITRE PREMIER

CHAMPS ET DISCIPLINES DE RECHERCHES DE L'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE

Ce chapitre comportera une succession de définitions découlant les unes des autres ; c'est pourquoi nous serons amené à traiter, au moins sommairement, de l'écologie en général et de ses diverses branches de recherche.

Par cette présentation nous avons tenté de situer les diverses disciplines de recherche de l'écologie végétale, les unes par rapport aux autres et en particulier, celles relatives au milieu édaphique.

I - DEFINITIONS

A - L'ÉCOLOGIE

Nous donnerons de l'écologie une définition communément admise.

L'écologie est en Biologie, la science du milieu (habitat) et des relations qui lient les êtres vivants et le milieu.

Selon les êtres considérés, on distingue artificiellement pour des commodités d'étude :

- l'écologie végétale
- l'écologie animale
- l'écologie humaine

B - L'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE

L'écologie végétale ou phyto-écologie se rapporte donc à l'étude du milieu des végétaux et à l'étude des relations qui lient les végétaux et leurs milieux.

Toute étude phyto-écologique comporte 2 étapes particulières :

- 1) Caractérisation d'une part des végétaux (recherche de caractères végétaux), et, d'autre part, du milieu (recherche de caractères mésologiques).
- 2) Recherche de relations entre les caractères de la plante ou de la végétation et les caractères du milieu (étude éthologique pour certains auteurs).

Comme toute autre discipline des Sciences biologiques, l'écologie végétale implique l'élaboration d'hypothèses explicatives et la vérification de ces hypothèses.

Ce schéma doit être applicable aussi bien aux études écologiques dans la nature, qu'aux études en laboratoire, en champs d'expériences ou en phytotron.

II - CONSIDERATIONS SUR LA NOTION DE CARACTERES EN PHYTO-ECOLOGIE

Les relations milieu-végétation ne peuvent être établies qu'indirectement, par la mise en corrélation de variables caractérisant, d'un côté la végétation et, de l'autre, le milieu.

La complexité des études phyto-écologiques tient souvent à la diversité et à l'interdépendance des variables qu'il est possible de dénombrer dans le complexe "milieu" et dans le complexe "végétaux".

Les progrès réalisés dans la connaissance des divers éléments du milieu, du comportement des végétaux et dans l'application des méthodes statistiques, permettent de faciliter la recherche de corrélations écologiques significatives. Cette recherche sera d'autant plus facile que l'on aura pris le soin nécessaire pour ne mettre en corrélation que des facteurs réellement écologiques, c'est-à-dire facteurs d'action directe ou caractères synthétiques du milieu.

Ce point de vue méthodologique sera développé ultérieurement à propos des facteurs écologiques édaphiques.

La valeur d'une étude phyto-écologique dépend beaucoup de celle des caractères mis en corrélation. Ce choix des caractères revêt une importance capitale.

Il nous paraît important de souligner que toutes les considérations présentées dans ce mémoire seront guidées par le souci permanent que nous aurons de rechercher et de définir les caractères fondamentaux, de les classer les uns par rapport aux autres et d'éliminer les caractères superflus trop souvent conservés par habitude. Partant sur ces bases, il est alors aisé de traiter de problèmes méthodologiques.

A - CARACTERES VEGETAUX

La caractérisation de la plante ou des végétaux peut se faire par des critères variés, taxinomiques, morphologiques, anatomiques, physiologiques, génétiques, etc.

1/ La caractérisation sur la base de critères physiologiques, tels que ceux relatifs aux échanges fonctionnels (photosynthétiques, respiratoires, trophiques, etc.) nous entraîne dans le domaine de l'ECO-PHYSIOLOGIE VEGETALE (... G. LEMEE, 1956 ; Pub. U.N.E.S.C.O., 1965, ...).

2/ Lorsque les critères employés sont ceux d'une étude de comportement d'ordre morphologique (J. PAVILLARD, 1935, 49, 10-36 et divers). - ECO-MORPHOLOGIE VEGETALE? - il y a lieu d'établir les distinctions suivantes :

a - L'étude porte sur une population d'individus d'un même taxon ou sur une communauté de taxons établie dans les conditions naturelles ou artificiellement. Cette étude est alors d'ordre PHYTOSOCIOLOGIQUE. (L'étude écologique établie sur cette base phytosociologique est du domaine de la Synécologie). Les caractères

relevés en sociologie végétale sont par exemple, pour chaque taxon, la présence ou l'absence, l'abondance, le recouvrement, l'état phénologique, la vigueur, l'état de santé, le type biologique etc. Notons qu'il s'agit là de caractères aussi bien qualitatifs que quantitatifs (J. BRAUN-BLANQUET, 1932).

b - L'étude porte sur des individus isolés⁽¹⁾ naturellement ou artificiellement. Les phénomènes de concurrence entre individus sont nuls. Ce type d'étude appartient au domaine de l'autoécologie. La caractérisation du végétal porte aussi bien sur des caractères qualitatifs (état phénologique, état de santé, ...) que sur des caractères quantitatifs (mensurations, poids, ...)

c - L'étude porte sur des critères phytogéographiques. Les caractères végétaux considérés peuvent être variés : répartition de taxons, d'unités floristiques, d'unités de végétation, ... (... L. EMBERGER, 1942 ; G. MANGENOT, 1951, 1955 ; H. GAUSSEN, 1954 ; Ch. SAUVAGE, 1961 ; P. OZENDA, 1964 ...)

L'ECO-PHYSIOLOGIE (synéco- ou auto-éco-physiologie) est surtout, à l'origine une discipline expérimentale de laboratoire; elle se pratique néanmoins sur le terrain à partir d'un certain stade de progrès.

La SYNECOLOGIE faisant appel à des caractères non proprement physiologiques, que nous qualifions d'une façon très générale de morphologiques comprend, entre autre, l'étude phytosociologique, laquelle est nécessairement à l'origine une discipline de terrain; elle peut néanmoins devenir expérimentale lorsque un certain degré d'évolution est atteint.

L'AUTOECOLOGIE MORPHOLOGIQUE se situe, du point de vue qui nous préoccupe, entre l'éco-physiologie et la synécologie morphologique car, elle peut se pratiquer dans la nature ou non, par observations et expériences, à l'aide de caractères végétaux "morphologiques".

(1) C'est-à-dire sans contact, ni par les racines, ni par les parties aériennes, avec d'autres végétaux.

Ces considérations nous ont conduit à classer les diverses disciplines de recherches phyto-écologiques qui permettent de définir le comportement des végétaux vis-à-vis de leur milieu (voir Fig. 1).

Il y a lieu, toutefois, de préciser que la définition de caractères végétaux morphologiques ou physiologiques en fonction de recherches écologiques peut être liée plus ou moins directement à la TAXINOMIE (définition des taxons spécifiques et infra-spécifiques) et à la GENETIQUE (définition des écotypes). Il reste bien entendu que, l'étude des écotypes peut être envisagée sur le plan de la taxinomie, laquelle a théoriquement, des fondements génétiques.

3/ Remarque : L'écologie des plantes cultivées.

Si on cherche à situer les divers domaines d'application de l'écologie végétale, il convient d'abord de distinguer les types de végétaux suivants (A. CHEVALIER, 1955) :

- les plantes indigènes sauvages (spontanées),
- les plantes anthropophiles (subspontanées) au nombre desquelles on compte :
 - . les rudérales,
 - . les adventices,
 - . les naturalisées,
 - . les mauvaises herbes ou "cultigènes" (messicoles,..)
- les plantes domestiquées (subspontanées),
- les plantes cultivées.

L'écologie des plantes cultivées comprend notamment l'écologie sylvicole, l'écologie agricole et l'écologie horticole, selon que les plantes considérées sont sylvicoles, agricoles ou horticoles.

Par la nature économique des problèmes étudiés, les méthodes d'étude écologique des plantes cultivées ne diffèrent le plus souvent des méthodes utilisées pour les plantes spontanées ou subspontanées que par le choix des caractères des végétaux pris en considération pour la recherche de corrélations avec les facteurs du milieu.

En écologie des plantes cultivées sont utilisés le plus souvent des caractères quantitatifs tels que le rendement, comme critère de définition du végétal, ou d'autres caractères, tels que : le port, la rusticité, la résistance aux maladies, les duplicatures florales, les couleurs, la composition chimique de certains organes, etc.

Les méthodes d'étude écologique des plantes spontanées ou subspontanées sont les méthodes synécologiques pour les communautés végétales et les méthodes autoécologiques pour les individus isolés.

B - CARACTERES MESOLOGIQUES

L'étude du milieu climatique, édaphique et biotique fait partie du domaine de l'écologie végétale lorsqu'elle est conduite sous l'angle écologique, c'est-à-dire lorsqu'elle concerne les facteurs qui agissent directement ou indirectement sur le comportement des végétaux.

Ainsi, par exemple, l'étude climatologique d'une région, entreprise à partir des renseignements fournis par les stations météorologiques locales, sera conduite différemment par le phytogéographe, le météorologiste, l'hydrologue, etc.

Le phytogéographe, par exemple, lorsqu'il étudie les relations climat-végétation, s'intéresse surtout aux conditions climatiques statiques définies sur plusieurs années par des états moyens de la basse atmosphère ; il n'a recours à la climatologie dynamique, en considérant les caractères et les déplacements des masses d'air, des courants, etc., que pour expliquer les moyennes constatées ou pour rechercher des limites d'unités phyto-climatiques.

Parmi les caractères mésologiques, il y a lieu de distinguer les caractères physiques qui sont climatiques et édaphiques, et les caractères biotiques.

L'étude des caractères mésologiques édaphiques sera développée ultérieurement.

L'étude des caractères mésologiques en général comprend aussi bien la recherche de facteurs mésologiques (exemples : valeurs de l'humidité atmosphérique, porosités édaphiques, etc.) que la caractérisation des unités mésologiques (exemple : type de climat, de sol, etc.). Chaque unité mésologique étant caractérisée par des limites spatiales et par des propriétés mésologiques moyennes.

L'étude, en particulier, des caractères phyto-cénologiques (facteurs et unités mésologiques) est du domaine de l'éco-cénologie végétale ou phyto-cénologie. La phyto-cénologie⁽¹⁾ est l'étude des relations précises entre végétaux ou entre végétaux et facteurs biotiques en général, indépendamment des facteurs physiques du milieu (voir phytocénologie, J.-A. RIOUX, 1958 : 135).

L'étude, en particulier, des caractères phyto-climatiques (facteurs et unités mésologiques) est du domaine de l'éco-climatologie végétale.

L'étude, en particulier, des caractères phyto-édaphiques (facteurs et unités mésologiques) est du domaine de l'éco-pédologie végétale.

Après avoir développé les notions de caractères végétaux, de caractères mésologiques, il est possible de définir les disciplines de recherches relatives à l'éco-climatologie, à l'éco-cénologie et à l'éco-pédologie.

1/ L'ECO-CENOLOGIE VEGETALE ou phyto-cénologie

L'éco-cénologie végétale comprend la recherche de facteurs phyto-cénologiques, la définition des unités phyto-cénologiques et l'étude des relations qui existent entre ces facteurs, ces unités et les caractères végétaux choisis.

(1) La phytosociologie peut-être définie succinctement comme l'étude des communautés végétales.

2/ L'ÉCO-CLIMATOLOGIE VÉGÉTALE ou phyto-climatologie

Cette discipline comprend aussi bien la recherche de facteurs phyto-climatiques et la définition des unités phyto-climatiques que l'étude des relations qui lient les caractères végétaux aux divers éléments mésologiques (facteurs et unités) définis précédemment.

3/ L'ÉCO-PÉDOLOGIE VÉGÉTALE ou phyto-édaphologie

On peut donner de l'éco-pédologie une définition générale homologue à celle de l'éco-climatologie. Cependant, étymologiquement, l'expression appelle de nombreuses réserves qui seront abordées dans le chapitre suivant.

Nous dirons que l'éco-pédologie comprend aussi bien la recherche de facteurs phyto-édaphiques et la définition des unités phyto-édaphiques que l'étude des relations qui lient les caractères végétaux aux divers éléments mésologiques édaphiques (facteurs et unités) définis précédemment.

C - RELATIONS SCHEMATIQUES ENTRE LES DIVERSES DISCIPLINES DE RECHERCHE DE L'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE. (fig. 1)

Le graphique (fig.1) situe les domaines d'action des diverses disciplines de recherches que doit comprendre l'écologie végétale.

D - REMARQUES SUR LES MILIEUX NATURELS

L'étude du milieu, en écologie végétale, s'applique aussi bien aux milieux très peu influencés par l'homme (milieux naturels), qu'aux milieux partiellement modifiés ou rendus totalement artificiels.

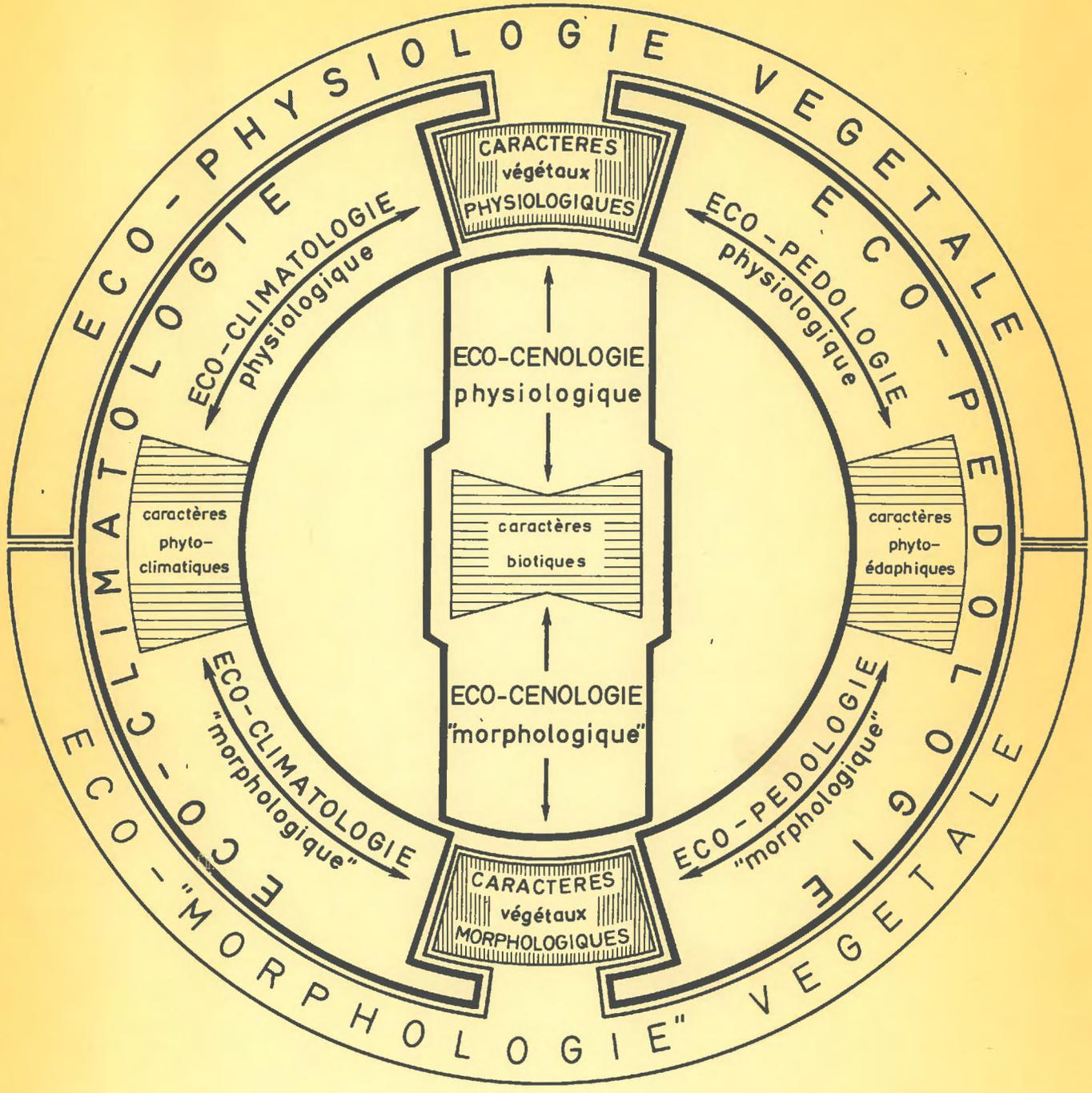


Fig. 1 - RELATIONS ENTRE LES DIVERSES DISCIPLINES DE RECHERCHE DE L'ECOLOGIE VEGETALE

Si l'on réserve l'expression "milieux naturels" aux seuls milieux non influencés par l'homme, on augmente considérablement les superficies des milieux non naturels de façon telle que les milieux naturels seraient extrêmement rares.

Or, il existe des degrés dans la gamme des milieux influencés par l'homme, depuis les milieux influencés indirectement jusqu'aux milieux profondément et directement modifiés.

Un sol cultivé, qui a reçu régulièrement des amendements et des fumures, qui a été drainé, etc. peut être transformé au point qu'il peut être considéré comme un sol artificiel. Or, ce type de sol est fréquent ; il est une conséquence du facteur biotique "homme" et, d'autre part, ce sol, comme d'ailleurs sa végétation cultivée ou non, subira les influences des autres conditions naturelles.

Une étude écologique conduite sur un tel sol sera considérée comme étant réalisée dans les conditions naturelles bien que le facteur "sol" soit profondément modifié par l'homme. Il est d'ailleurs possible, pour être plus précis, de considérer les terrains de culture soumis aux influences climatiques naturelles, comme des milieux naturels. Par extension, nous pourrions dire qu'un tel sol, bien que modifié artificiellement, fait partie du milieu naturel.

Il n'en sera pas de même d'un substrat composé artificiellement pour une étude expérimentale par exemple. Ce substrat, composé de matériaux d'origine variable, appartient, même s'il est exposé aux conditions climatiques naturelles locales, au milieu artificiel.

Afin d'éviter toute équivoque sur ce sujet, nous renoncions à l'emploi du terme "artificiel" dans les cas ambigus et nous utiliserons de préférence l'expression "milieu contrôlé" que l'on opposera à "milieu naturel", c'est-à-dire que l'on rencontre dans la nature (voir A. PERPILLOU, 1961, 9).

CHAPITRE DEUXIEME

L'ECO - PEDOLOGIE

I - LES OBJECTIFS EN ECO-PEDOLOGIE

L'écologiste qui cherche à établir des corrélations dans les conditions naturelles entre les caractères de la flore, de la végétation et les caractères du sol, rencontre certaines difficultés pour caractériser le sol.

Dans la nature, les difficultés concernent autant le volume unitaire de sol à considérer, que la caractérisation proprement dite de l'unité.

Nous dirons que l'écologiste doit définir dans l'espace à 3 dimensions l'état actuel du milieu édaphique dans ses rapports intimes avec les végétaux.

A - L'état actuel des propriétés phyto-physiologiques du milieu édaphique se définit par un certain nombre de caractères généraux et particuliers établis d'après les propriétés physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques des matériaux constitutifs (voir § III - CONCEPTION ECOLOGIQUE POUR L'ETUDE DE MILIEUX EDAPHIQUES VEGETAUX).

La définition de cet "état du milieu édaphique" se fait donc sur une base essentiellement phyto-écologique et non pédogénétique. Nous nous expliquerons sur ce point. D'ailleurs, l'étude de cet état actuel du milieu suffirait à elle seule à satisfaire bien des domaines de l'écologie végétale (éco-pédologie expérimentale et autoécologie dans la nature).

B - Le volume unitaire à considérer se déduit de l'étude morphologique du profil et de son environnement qui permet le diagnostic morphogénétique du milieu.

Comme nous le spécifions par la suite, seule cette nécessité de définir, en synécologie, les limites spatiales de l'unité phyto-édaphique, justifie le recours aux études pédogénétiques et aux études géomorphogénétiques.

L'étude du profil permet de distinguer des horizons ou des strates et l'étude de son environnement doit permettre la généralisation des observations locales.

C'est ici que doit se poser la question de la représentativité de l'échantillon de profil. Que représente ce profil et les observations ponctuelles qui en sont déduites ?

Une description morphologique ne doit pas être une fin en soi. Elle doit, non seulement permettre d'établir des comparaisons, mais encore et surtout elle doit permettre de suggérer les hypothèses de morphogénèse.

Chaque particularité du profil doit pouvoir s'expliquer, même par des hypothèses "provisoires".

Si les hypothèses de morphogénèses (provisoires) ne sont pas contredites par une quelconque des particularités du profil, il est possible de faire apparaître ~~les éléments~~ les éléments majeurs du profil et d'envisager la généralisation des observations ponctuelles qui permettront, compte tenu de l'environnement (forme du relief, tectonique, etc.) de prévoir l'étendue, dans l'espace, de l'unité.

C - En conclusion, s'il veut définir rigoureusement l'unité édaphique, l'écologiste doit, d'une part, rechercher les limites spatiales de l'unité et d'autre part, définir les divers paramètres morphogénétiques et phyto-édaphiques.

1. Recherche des limites spatiales de l'unité. La recherche de ces limites ne peut se faire logiquement qu'en ayant recours à l'étude morphogénétique du milieu.

L'étude pédogénétique classiquement pratiquée où l'on ne se préoccupe essentiellement que de la pédogénèse actuelle, ne permet pas d'expliquer chaque cas de morphogénèse (J. BOULAIN, 1956 ; R. RAYNAL, 1962)

Bien des profils sont davantage marqués par des processus géomorphologiques ou paléopédologiques que par des processus pédologiques actuels (A. RUELLAN, 1962 ; P. RUTTEN, G. BOUTEYRE, J. VIGNERON, 1963 ; J. TRICART, 1965).

Les limites dans l'espace, des unités phyto-édaphiques et pédologiques doivent se déduire conjointement de l'étude géomorphologique et de l'étude pédologique.

2. Définition des divers paramètres morphogénétiques et phyto-édaphiques. Cette définition se fait en caractérisant successivement sous leurs divers aspects (géomorphologiques, pédologiques et écologiques) :

a - les matériaux des divers horizons et strates
dénombrés ;

b - l'unité sous forme d'un bilan portant sur

- . le type morphologique de substrat de la végétation,
- . le type géomorphologique,
- . le type d'humus,
- . le type pédologique,
- . le type écologique.

II - CONCEPTIONS POUR L'ETUDE MORPHOMETRIQUE

DES MILIEUX EDAPHIQUES

A - L'ETUDE PEDOLOGIQUE : sols, pédologie et sciences des sols.

Un secteur important de l'écologie végétale est réservé à l'étude particulière des relations dites "sol-végétation".

Disons tout de suite qu'il est nécessaire de distinguer dans le diptyque des relations :

- 1°) l'influence du sol sur la végétation qui doit être l'objet primordial de l'éco-pédologie,
- 2°) l'influence inverse de la végétation sur le sol qui intéresse, certes, l'écologiste, mais aussi le pédologue (effet de la litière sur la pédogénèse par exemple) et le géomorphologue (effet de protection de la végétation sur l'érosion par exemple).

Ceci dit, portons maintenant notre attention sur le sens du terme SOL.

1. Le sol, ses concepts

Le terme "sol" est fréquemment cité dans de très nombreuses études écologiques ; cependant, certains auteurs lui substituent l'expression "milieu édaphique", qui est préférable à notre avis.

En effet, si l'on dresse une liste des définitions attribuées au terme sol, on est frappé par la diversité des critères proposés et par la nécessité qui s'impose de n'utiliser ce terme, en toute rigueur, qu'avec circonspection.

On pourrait classer les nombreuses définitions proposées en 3 catégories : populaires, techniques et scientifiques (voir par exemple G. PLAISANCE et A. CAILLEUX, 1958 et Y. DEWOLF, 1965, 22-24).

Dans le langage commun, le sol est la partie que l'on foule au pied (G. PLAISANCE et A. CAILLEUX, 1958, 493).

Dans le langage technique agricole, le sol est la couche de terre arable ; sous cette couche superficielle se situe le sous-sol.

Dans le langage technique du Génie civil, le sol est en somme, toute formation meuble, plus ou moins "cohérente" ou pulvérulente (J. DUNGLAS, 1962 et Y. DEWOLF, 1965).

Sans insister davantage sur les diverses acceptions techniques, il est possible de situer les divers sens précédents, attribués au terme sol, en disant que les sols sont des formations superficielles continentales meubles formées, sous l'action des processus géomorphologiques et pédologiques, aux dépens de roches meubles sédimentaires ou de roches dures (1ère définition, générale et non pédologique).

Cette définition large du terme "sol" permettrait de grouper dans un même ensemble les SCIENCES des SOLS qui font partie des "SCIENCES de la TERRE".

Les formations superficielles meubles, marquées par l'action de la vie végétale, humaine et animale sont l'objet d'investigations scientifiques particulières du domaine de la PEDOLOGIE, appelée également SCIENCE DU SOL.

L'étude de la genèse et de l'évolution des formations meubles ou dures, sous l'action des facteurs géodynamiques externes ou internes, est du domaine de la géomorphologie.

Il apparaît ainsi, que le sol, objet des études pédologiques, aura un sens très précis qu'il convient de définir et de n'employer que dans son acception rigoureuse.

Nous donnerons la définition suivante du sol, valable aussi bien pour les sols superficiels, que pour les sols enterrés (fossiles).

LE SOL EST LA PARTIE DES FORMATIONS MEUBLES QUI SUBIT OU A SUBI LES ACTIONS DES AGENTS PEDOGENETIQUES (BIOTIQUES ET CLIMATIQUES CONJUGUES) (2ème définition, strictement pédologique).

Le matériel originel du sol peut provenir directement de formations géologiques, purement minérales, meubles ou dures ou de formations paléopédologiques en place ou allogènes.

Un profil de sol comporte toujours un horizon illuvial "A" plus ou moins différencié et parfois suivant son degré d'évolution, le sol peut présenter en plus, un horizon illuvial "B". Chacun de ces 2 grands types d'horizon pouvant à leur tour se différencier en sous-horizons (A1, A2, etc., B1, B2, etc.).

On appelle SOLUM, par convention (voir G. PLAISANCE et A. CAILLEUX, 1958), la couche de la formation meuble qui comprend :

- a) les horizons A, s'ils ne jouxtent pas d'horizons B
- b) les horizons A et les horizons B, à l'exclusion des couches supports, qu'elles soient parentales ou étrangères.

La notion de solum n'est applicable que par type génétique de sol. Dans les cas plus complexes et assez fréquents de profils montrant la superposition de plusieurs types pédogénétiques formés dans le temps au cours de stades ou de phases pédogénétiques différents (voir § C.2.d. Typologie géopédologique), il conviendra de distinguer autant de solums que de types diagnostiqués. Le "sol" et donc le profil pédologique, multiple dans un tel cas, descend jusqu'au plancher du solum le plus profond (souvent le plus ancien).

2. La pédologie et les sciences des sols

L'étude de la formation et de l'évolution des sols (sols au sens précédemment défini) est du domaine de la PEDOGENESE.

Mais nous avons vu que le sol défini dans un contexte plus large, non strictement pédologique (lère définition), peut être l'objet de nombreuses autres investigations scientifiques et techniques qui sont du domaine des SCIENCES DES SOLS, plus ou moins liées aux "SCIENCES DE LA TERRE".

L'étude du sol (sensu lato) et des formations superficielles rocheuses en tant que support et milieu de subsistance des végétaux en général est du domaine de l'éco-pédologie végétale, ou, mieux encore, de la PEYTO-EDAPHOLOGIE (qui fait partie de l'écologie végétale), comme nous le verrons ultérieurement.

L'étude du sol (sensu lato) en tant que milieu de culture est du domaine de l'AGROLOGIE ou agro-pédologie (qui fait partie de l'agronomie).

L'étude du sol (sensu lato) en tant que support d'édifices (ponts, bâtiments, routes etc.) est du domaine de la MECANIQUE DES SOLS (qui fait partie du Génie civil).

Il est généralement admis en France et dans les pays Anglo-saxons que l'ensemble des disciplines précédemment citées constituent la SCIENCE DU SOL (SOIL SCIENCE en anglais). La PEDOLOGIE dans ce contexte, n'est pas la Science du Sol sous tous ses aspects ; elle n'en est qu'une des disciplines composantes.

En 1928, l'Américain C.F. SHAW (First International Congress of Soil Science) soulignait déjà l'inconvénient qu'il y avait d'utiliser le terme "pédologie" pour Science du Sol. D'abord, disait-il, le terme "pédologie" est un hybride de 2 mots d'origine différente : ped ou pedis (un pied), tiré du latin et logos (étude), tiré du grec ; ensuite, poursuivait-il, le terme "pédologie" a été employé par une institution s'occupant de l'étude des enfants, le terme pédologie ainsi employé dérivant de 2 noms grecs : pais (enfant) et logos (étude). Enfin, C.F. SHAW manifestait une préférence pour

l'emploi du terme EDAPHOLOGIE, tiré du grec édaphos (sol) pour désigner la Science du sol.

G. PLAISANCE et A. CAILLEUX (1958) donnent du terme "pédologie" une étymologie différente. Pour ces auteurs, pédologie est un "composé savant du grec pedon (sol où l'on marche, plaine) et logos (étude) ; pedon vient de la racine indo-européenne ped (pied). Il est vrai, précisent-ils, que le mot grec désigne une aire sans épaisseur (le mot a même signifié : champ de bataille), alors que l'étude des horizons du sol se fait sur une couche épaisse de quelques cm à plusieurs dizaines de mètres ; le choix de ce mot n'est donc pas très parfait ; on a proposé EDAPHOLOGIE de edaphos (terre)".

Le terme PEDOLOGIE étant d'usage courant en langue française, nous le conserverons dans notre propos, mais nous le réserverons exclusivement pour désigner ce qui est relatif à la pédogénèse et à la typologie des sols (sensu stricto).

Nous donnerons donc la définition suivante de la PEDOLOGIE :

LA PEDOLOGIE EST LA SCIENCE DE LA FORMATION, DE L'EVOLUTION ET DE LA TAXINOMIE DES SOLS, LE SOL ayant été défini précédemment comme ETANT LA PARTIE DES FORMATIONS CONTINENTALES (superficielle généralement, parfois enterrée) MEUBLES QUI SUBIT OU A SUBI LES ACTIONS DES AGENTS BIOTIQUES ET CLIMATIQUES (pédogénétiques).

Il existe donc bien pour un même vocable des concepts sols parfois très différents qui méritaient d'être distingués pour situer le concept sol de l'écologiste dont il sera question ultérieurement.

B - L'ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE & geomorphologie et pedologie

1 - Introduction

L'étude morphogénétique d'un profil est très souvent incomplète lorsqu'elle ne fait appel qu'à la pédogénèse et le plus souvent qu'à la pédogénèse actuelle.

Nous suivrons J. TRICART (1962, 35) lorsqu'il écrit : "la pédogénèse n'est qu'un élément de la morphogénèse".

Comme le souligne J. TRICART (1965, 72) "il est rare que les sols se forment directement aux dépens de la roche en place" et que, d'autre part, les sols n'aient subi aucune action géomorphologique ; action qui, lorsqu'elle s'exerce, est capable d'effacer, de masquer ou de modifier le profil pédologique.

a. Les formations géomorphologiques en tant que roches-mères des sols

Bien souvent les sols "s'élaborent dans les formations superficielles, altérites ou dépôts de pentes, alluvions, colluvions accumulations éoliennes, etc".

"La roche-mère des sols appartient plus souvent au milieu géomorphologique qu'au milieu géologique ; c'est pourquoi beaucoup de pédologues sont gênés quand ils cherchent à mettre directement en rapport les sols avec les roches de la carte géologique" (J. TRICART et P. MICHEL, 1965).

b. Les actions géomorphologiques sur les formations pédologiques

(1) Les sols peuvent être enfouis sous de nouveaux apports dans les sites d'accumulation (zone de colluvionnement, plaines

alluviales, surfaces d'abandon de particules éoliennes).

(2) Les sols peuvent être lacérés ou décapés par l'érosion (profils tronqués par le ruissellement diffus, lacération par les ravins, coups de gouge de la déflation éolienne).

(3) Les sols peuvent être brouillés par les mouvements de masse qui empêchent la différenciation des profils (d'après J. TRICART et P. MICHEL, 1965).

2 - Les processus de la morphogénèse d'un profil

Dans l'étude d'un profil, il convient donc, d'une part, d'attribuer l'origine des caractères observés, soit aux processus géomorphologiques, soit aux processus pédologiques et, d'autre part, de situer les périodes d'action des processus les plus marquants. Cette datation relative des phénomènes morphogénétiques est nécessaire pour retracer, au moins sommairement, l'essentiel de l'histoire présumée du profil.

Par processus de morphogénèse du profil, nous entendrons aussi bien les processus géomorphologiques que les processus pédologiques. Les processus déterminants les particularités morphologiques locales ne seront déduits que de l'examen critique de la morphologie de chaque profil.

En se référant aux traités de Pédologie, tel celui de Ph. DUCHAUFOR (1965, 168) où parmi les processus de la pédogénèse figure entre autres la décomposition des roches (désagrégation et altération chimique), et à l'article de J. TRICART et P. MICHEL (1965), où il est dit : "La pédologie englobe alors, en effet, certains thèmes comme la fragmentation et l'altération des roches qui sont partie intégrante de la géomorphologie", on est alors tenté de proposer un terme qui nous paraît commode pour éviter toute controverse, justifiée en un sens, qu'elle vienne du géomorphologue ou du

pédologue. Il s'agit du terme GÉOPÉDOLOGIQUE (voir A. JOURNAUX, 1959 cité par J. TRICART, 1962) qui évoquera pour nous tout ce qui est relatif à la géomorphologie et à la pédologie, sans en préciser les rapports. Ainsi les processus géopédologiques concerneront au moins les processus communs (qu'il n'est pas toujours possible de scinder) à la géomorphogénèse et à la pédogénèse.

Nous sommes ainsi amené à dénombrer et à classer les divers processus de la morphogénèse d'un profil.

Nous distinguerons :

a. Les processus pédogénétiques, toujours liés aux facteurs biotiques, comprennent les processus plus ou moins liés aux climats tels que le lessivage, la podzolisation, la brunification, la ferruginisation, la ferrallitisation, etc. et les processus plus ou moins liés aux qualités lithologiques, tels que l'hydromorphie, l'halomorphie, la calomorphie, etc.

b. Les processus géomorphogénétiques. Dans cette catégorie de processus, l'action biotique ^{directe} est nulle et on distinguera :

(1). Les processus géomorphologiques d'altération des roches

- . altération physique conduisant à des altérites (J. TRICART, 1965, 314).
Ce type d'altération est très nettement dominant dans les régions arides (chaudes ou froides), où souvent la contribution des êtres vivants à la genèse des formations superficielles meubles est nulle.
- . altération chimique ou géochimique (dissolution, hydratation, oxydation, réduction, hydrolyse) ; ce type d'altération touche le plus souvent les formations géologiques situées sous la formation géopédologiques.

(2). Les processus de mise en mouvement des matériaux géopédologiques (sols ou altérites ou les 2 à la fois) sous l'action des agents géomorphologiques de transports que sont l'eau, le vent et la gravité. Ces processus comprendront :

- . Le ruissellement, la colluvionnement et la solifluxion, qui provoquent, en amont, la tronquature des sols et en aval la fossilisation de profils,
- . L'éolisation, marquant des zones d'inflation et des zones de déflation,
- . L'alluvionnement.

c. Les processus géopédogénétiques (sensu stricto) qui comprennent à la fois les processus pédogénétiques et les processus géomorphogénétiques agissant ou ayant agi simultanément.

3. - Définition de la géomorphologie : géologie, géomorphologie et pédologie

Toutes ces considérations nous conduisent à proposer une définition de la géomorphologie qui permette de la situer par rapport aux disciplines connexes que sont la géologie et la pédologie. Cette définition ci-après est d'inspiration diverse, mais essentiellement basée sur les publications de J. TRICART (1962 à 1965).

L'objet de la géomorphologie continentale est l'étude des formations superficielles. L'étude géomorphologique comprend, à la fois, la description et l'explication des formes et des accidents du modelé superficiel terrestre, à la lumière de l'action passée et actuelle des agents de la morphogénèse.

Cette action comprend, d'une part, les forces internes (tectonique, volcanisme) qui modifient de l'intérieur le modelé des formations superficielles et, d'autre part, les forces externes (climatiques, hydrauliques et biotiques), qui engendrent les formations géopédologiques et géologiques de la surface terrestre.

Dans les forces externes, sont compris nécessairement les facteurs biotiques générateurs de sols proprement dits. La pédogénèse intervient comme un facteur de la géomorphogénèse. C'est à ce titre que J. TRICART (J. TRICART et P. MICHEL, 1965) considère que la pédologie est subordonnée à la géomorphologie, tout comme la géomorphologie est un des domaines de la géologie structurale ; l'ensemble constituant une partie des SCIENCES DE LA TERRE.

La théorie bio-rhexistasique de H. ERHART (1956), exposée sous le titre "la génèse des sols en tant que phénomène géologique", contribue à renforcer cette position, qui a l'avantage de ne pas permettre de concevoir le sol sans son contexte géomorphologique.

C - CONCEPTION GEOPEDOLOGIQUE POUR L'ETUDE DE LA GENESE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES CONTINENTALES

Les végétaux supérieurs ou inférieurs dans l'ordre taxinomique occupent des milieux très variés à la surface de la Terre. Les végétaux supérieurs colonisent en général les sols et sous-sols (au sens pédologique précisé antérieurement) et également les milieux aqueux ; les végétaux inférieurs colonisent en plus de simples surfaces lithologiques (éboulis ou rochers).

On voit donc immédiatement ce qu'il y a de gênant à utiliser le terme "sol" pour désigner en somme tous les supports des végétaux qui contribuent plus ou moins aux échanges vitaux avec la plante. Une expression paraît mieux convenir que le terme sol, il s'agit de l'expression milieu édaphique, souvent employé en écologie. Disons tout de suite que ce terme est consacré également par les zoocéologues ; il est donc nécessaire en écologie végétale de bien sous entendre ou de préciser dans nos études "milieu phyto-édaphique" (exemple J.-A. RIOUX, 1958, 146).

1. Définition morphologique du type de substrat de la végétation

a. Substrat de végétation : définition

Par SUBSTRAT DE VEGETATION nous entendrons le milieu édaphique en tant que support physique de la végétation ; il sera défini dans l'espace, par trois dimensions :

- 1) en surface, par l'aire végétale inventoriée (phytosociologiquement ou autoécologiquement)
- 2) en profondeur, par l'étendue du profil édaphique

Remarque.- Le substrat de végétation se distingue du substrat géologique du sol, notion qui s'applique alors à la couche géologique, support du sol.

Le profil édaphique est un échantillon, nettement limité, de la coupe plane et verticale du substrat de la végétation ; il doit être considéré à la fois sous ses aspects physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques.

La profondeur du profil édaphique est au minimum égale à la profondeur du profil pédologique qui présente les marques de la pédogénèse la plus ancienne.

Dans certains cas, lorsque, par exemple, des espèces végétales sont enracinées dans les strates D1, D2, ..., Dn, la profondeur du profil édaphique est, en tous cas, supérieure à celle du profil pédologique.

La profondeur qui définit le profil édaphique est donc variable, quand elle excède celle du profil pédologique ; elle dépend alors des conditions édaphiques qui régissent le comportement de la végétation (actuelle ou potentielle).

Ces conditions édaphiques sont de deux ordres :

1) les unes sont liées aux caractéristiques intrinsèques (texture, structure, pH, ...) des matériaux des horizons et des strates pris isolément (voir § III, B, 1, a).

2) Les autres dépendent des caractéristiques extrinsèques (nappe d'eau, assise ou masse rocheuse, alios, cuirasse, etc.) des matériaux précités (voir § III, B, 1, b)

La profondeur à considérer sera donc, hormis les difficultés matérielles, en rapport avec la profondeur atteinte par l'enracinement observé ou par l'enracinement possible, compte tenu de la profondeur à laquelle se rencontrent les obstacles à l'expansion des appareils racinaires et à la diffusion des eaux météoriques (assise ou masse rocheuse, nappe d'eau, etc.).

b. Diversité des types de substrats de végétaux

Le milieu édaphique est toujours, pour les végétaux en général, un support physique et, fréquemment aussi, un milieu physiologiquement actif, par ses propriétés physiques, physico-chimiques, chimiques et biochimiques. C'est par excellence le milieu des appareils racinaires.

Ce milieu peut, cependant, n'être essentiellement qu'un support. Dans la nature, ce type de milieu est représenté par l'ensemble des surfaces minérales cohérentes (pierrailles, blocs et formations rocheuses de surface) exposées aux facteurs atmosphériques. C'est le support des EPILITHES (nombreux Lichens, Bryophytes, ...).

En général, les végétaux supérieurs pourvus d'appareils racinaires, sont supportés par des matériaux meubles affleurants, physiologiquement actifs, reposant à plus ou moins grande profondeur sur une masse continue non particulière ou encaissés par cette masse. Cette masse continue, non particulière, constitue le support du matériau meuble.

Suivant la nature et la structure du support du matériau meuble on pourra classer écologiquement bon nombre de taxons.

1) Le support encaissant le matériau meuble contenant des racines est un végétal. Les végétaux ayant des racines dans ce matériau meuble supporté, font partie des EPIPHYTES.

2) Le support encaissant le matériau meuble contenant des racines est à la fois minéral et très cohérent (Blocs et rochers). Les végétaux ainsi supportés sont dits CHASMOPHYTES.

3) Le matériau meuble repose à plus ou moins grande profondeur sur une assise rocheuse qui n'affleure pas en surface, ou bien, il est encaissé par une masse rocheuse peu affleurante. Ce type de substrat meuble est très fréquent et constitue à la surface

de la Terre, le milieu biophysique de la majorité des plantes supérieures qui ont une importance physiologique et biologique très grande dans la BIOSPHERE.

Enfin, une mention particulière doit être faite aux HYDROPHYTES ; nous devons dans notre propos séparer les hydrophytes flottantes, des hydrophytes "ancrées" dans le fond plus ou moins meuble des substrats aqueux.

c. Fondements et principes de la classification des types morphologiques de substrats de végétation

Une classification morphologique des substrats sera proposée plus loin (voir § II, C, 1, d2) ; nous n'évoquerons ici que les fondements et principes généraux de cette classification.

Cette classification tiendra compte des facteurs extrinsèques relatifs à l'environnement géologique et pédogénétique précédemment évoqué.

Par rapport aux classifications pédologiques classiques, la classification proposée constitue une introduction à l'étude génétique des sols et un complément descriptif de base morphologique et écologique.

Cette classification est basée sur l'agencement relatif des matériaux meubles, d'origine géologique ou pédogénétique, transformés ou non par la pédogénèse, par rapport aux matériaux rocheux inaltérés d'origine géologique.

Ces matériaux meubles peuvent présenter en leur sein, une zone dure provenant de la consolidation du matériau meuble sous l'effet des facteurs pédogénétiques actuels ou anciens (alios, cuirasse, croûte, etc.)

Cette classification est basée sur la distinction de quatre grands types de matériaux :

- les matériaux rocheux,
- les matériaux meubles,
- les matériaux consolidés, d'origine pédogénétique,
- l'eau de submersion.

c.1 Les matériaux rocheux

Ils sont d'origine géologique et ne présentent pas d'altération due aux processus pédogénétiques ou géomorphogénétiques.

Ces matériaux constituent une masse quasi impénétrable par les racines et par l'eau de gravitation (sauf par des fissures).

Parmi les matériaux rocheux, on peut citer, suivant l'origine géologique :

- a) les roches ignées (ou éruptives, ou cristallines),
- b) les roches sédimentaires consolidées (conglomérats, grès, tufs, marnes, calcaires, etc.),
- c) les roches métamorphiques.

c.2 Les matériaux meubles

Ils peuvent être d'origine géologique, transformés ou non par les facteurs pédogénétiques, ou encore d'origine pédogénétique ou géomorphogénétique.

Parmi ces matériaux, on peut citer, suivant leur origine :

- a) les roches dures ameublées par altération,
- b) les roches sédimentaires meubles en place,
- c) les matériaux détritiques minéraux (éboulis ...),
- d) les matériaux colluviaux,
- e) les matériaux alluviaux,
- f) les matériaux éoliens,
- g) les matériaux d'origine végétale (tourbes, ...).

Suivant la composition granulométrique de la fraction minérale et la teneur en matière organique de ces matériaux meubles, on distingue trois catégories :

- les matériaux terreux
- les matériaux organiques
- les matériaux minéraux particuliers grossiers ou très grossiers (gravelo-pierreux)

Les matériaux terreux et les matériaux organiques constituent ensemble les matériaux meubles biologiquement actifs ; ce sont des matériaux qui, pour les végétaux, sont non seulement des supports mais aussi des milieux favorables à leur nutrition. Suivant leur constitution, ces matériaux sont des milieux sélectifs pour les espèces végétales et pour les types de végétation.

Les matériaux minéraux particuliers grossiers ou très grossiers sont des matériaux meubles biologiquement inertes ; ils ne servent, tout au plus, que de supports aux espèces végétales.

On rattachera à cette catégorie les matériaux organiques à débris très grossiers (cités pour mémoire).

Les trois catégories de macro-texture décrits ci-dessus se différencient entre eux à l'aide de deux critères quantitatifs :

- la quantité de pierrailles ou de blocs
- la quantité de matière organique

c2.1. Quantité de pierrailles ou de blocs

Suivant la quantité volumique de fractions autres que graviers, cailloux et blocs (fractions minérales et organiques comprises entre des pierrailles ou des blocs) on distingue :

TABLEAU I

Différenciation des matériaux meubles inertes et des matériaux meubles biologiquement plus ou moins actifs.

% volumique de pierrailles ou de blocs	90 à 100 %	0 à 90 %
Types	Matériaux meubles inertes (pierrailles et blocs)	Matériaux meubles biologiquement + actifs (terreux ou organiques)

a) Les matériaux meubles inertes

Constitués essentiellement, ou en totalité, de particules minérales grossières (graviers et cailloux) ou de particules minérales très grossières (blocs), en proportions variables.

Deux cas :

- pas de fraction fine ou organique ; les espaces entre les pierrailles et les blocs ne sont occupés que par de l'air ou de l'eau
- présence d'une quantité négligeable de fractions fines ou organiques ; les espaces entre les pierrailles et les blocs sont très réduits (< 10 % en volume) et occupés par de la terre fine ou de la matière organique.

b) Les matériaux terreux et organiques

Il s'agit de matériaux meubles caractérisés par la présence d'une quantité non négligeable (entre 10 et 100 %) de fractions minérales fines ou organiques.

c2.2. Quantité de matières organiques

C'est le critère de différenciation du matériau terreux par rapport au matériau organique.

On distingue :

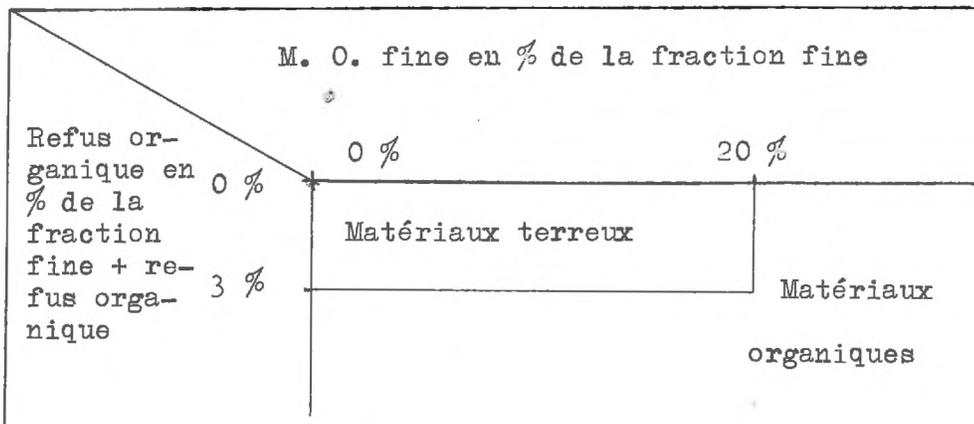
- la teneur de matière organique fine en % de la fraction fine
- et la teneur de "refus" organique (éléments organiques de dimensions supérieures à 2 mm) en % de la fraction fine et du refus.

C'est sur la base de cette distinction que se fait la différenciation.

Les classes des teneurs retenues sont schématiquement représentées dans le tableau II (cf. tabl. XVII)

TABLEAU II

Différenciation des matériaux terreux ou organiques.



a - Un matériau est dit terreux, s'il renferme moins de 20 % de matière organique dans sa fraction fine et moins de 3 % de "refus" organique.

b - Un matériau est dit organique, s'il renferme

- soit plus de 20 % de matière organique fine
- soit moins de 20 % de matière organique fine et plus de 3 % de matière organique grossière (refus)

c.3 Les matériaux consolidés, d'origine pédogénétique

Il s'agit de matériaux initialement meubles, consolidés sous l'influence des processus pédogénétiques.

Ce sont des matériaux inscrits dans le profil pédologique ancien ou actuel.

Parmi ceux-ci, on peut citer les alios, les cuirasses, les carapaces, les croûtes, etc.

Du point de vue écologique, ces matériaux jouent le même rôle que des matériaux durs d'origine géologique. Cependant, il convient de les décrire comme un accident au sein des matériaux meubles du profil, car leur présence est souvent corrélative de l'histoire des sols et de la végétation.

c.4 L'eau de submersion

Il s'agit de l'eau, salée ou non, aussi bien marine que continentale, qui recouvre généralement de façon permanente les formations superficielles continentales ou les formations sous-marines. Il ne s'agit pas de l'eau qui peut occuper les pores des formations géologiques ou géopédologiques.

d - Typologie morphologique des substrats de végétation
(fig. 2,1 et 2,2)

d 1. Avertissement

La classification des types morphologiques de substrats de la végétation est établie pour pouvoir décrire schématiquement l'essentiel de l'agencement relatif des matériaux, meubles ou non, les uns par rapport aux autres.

Généralement, on rencontre dans la nature des cas qu'il est aisé de schématiser ; c'est le cas des deux exemples suivants :

Exemple 1 - Matériau meuble de nature uniforme (terreux ou organique) qui s'étend très profondément.

Exemple 2 - Matériau meuble de nature uniforme (terreux, organique ou graveleux et pierreux), qui repose sur un matériau rocheux.

Cependant, on peut se trouver en présence de cas qui exigent une interprétation conventionnelle, si l'on veut éviter de multiplier les types ou les sous-types. C'est le cas, lorsque l'on a une superposition, dans la couche meuble qui constitue le substrat de la végétation, de matériaux de nature différente, ou lorsque l'on a une nappe d'eau de submersion temporaire.

- Cas de matériaux organiques sur matériaux terreux

1) Le substrat est dit "terreux", si le ou les horizons organiques reposent sur d'autres horizons pédologiques terreux, à condition que la couche organique (A₀ ou A₀ + A₁) n'atteigne pas 15 cm de profondeur.

2) Le substrat est dit "organo-terreux", si le ou les horizons organiques reposent sur d'autres horizons pédologiques terreux, et si la couche organique (A₀ ou A₀ + A₁) dépasse 15 cm de profondeur.

3) Le substrat est dit "organique sur assise terreuse" si le ou les horizons organiques reposent sur la masse terreuse géologique qui ne constitue qu'un support ; cette couche terreuse pouvant être, ou non, gleyifiée.

- Cas de matériaux intercalés

1) Le substrat est dit "terreux avec une zone organique enfouie" entre x et y cm quand une strate organique est intercalée dans un profil terreux entre ces limites.

2) Le substrat est dit "organique avec zone terreuse enfouie" entre x et y cm, quand une strate terreuse est intercalée dans un profil organique entre ces limites.

3) Le substrat est dit "terreux avec une zone terreuse nettement consolidée" entre x et y cm, quand il y a eu consolidation entre x et y cm sous des effets pédogénétiques dans le profil terreux.

- Cas des substrats exondés périodiquement

Un substrat terrestre submergé temporairement sera classé dans les substrats aqueux si la végétation qu'il porte se développe normalement en présence de la nappe d'eau superficielle ; inversement, il sera considéré comme "terrestre exondé" lorsque la nappe d'eau superficielle est résorbée pendant la saison de végétation.

d2. Classification et description des types (fig. 2,1 et fig. 2,2)

d2.1 - Substrats de végétation meubles, au moins en surface

Le matériau meuble de surface couvre 10 à 100 % de l'aire considérée.

d21.1 - Substrats terreux, non rocheux ou plus ou moins rocheux

Le profil édaphique est constitué, au moins dans sa majeure partie, d'un ensemble de matériaux terreux ; le profil pédologique différencié est développé, au moins en partie, sinon en totalité, dans la masse terreuse.

d211.1 - La couche terreuse a plus de 1, 20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT TERREUX TRES PROFOND

Pour un tel type, on indique

a) soit la profondeur à laquelle se trouve l'assise rocheuse sous-jacente,

exemple : substrat terreux très profond, jusqu'à 1,50 m ;

b) soit la profondeur atteinte, sans rencontrer l'assise rocheuse ;

exemple : substrat terreux très profond supérieur à 2,20 m .

d211.2 - la couche terreuse repose sur une assise rocheuse située à moins de 1,20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT TERREUX, PLUS OU MOINS PROFOND, SUR ASSISE ROCHEUSE

Dans tous les cas, on indique la profondeur comprise entre 0 et 1,20 m, atteinte par la couche terreuse.

On pourra utiliser la terminologie suivante pour les classes de profondeur :

de 0 à 15 cm : très peu profond

de 15 à 30 cm : peu profond

de 30 à 60 cm : assez profond

de 60 à 120 cm : profond

d211.3 - La masse terreuse est encaissée par une masse rocheuse affleurante.

Type : SUBSTRAT TERRO-ROCHEUX

Pour ce type, on peut indiquer la profondeur moyenne atteinte par la masse terreuse, de la même façon que pour le type précédent, mais il convient surtout d'indiquer la surface couverte par la roche affleurante.

On pourra, sur cette base, distinguer 5 classes de substrats terro-rocheux :

TABLEAU III

Classes de substrats terro-rocheux

classés	% de la surface occupée par la roche affleurante
1	< 2 %
2	2 à 10 %
3	10 à 25 %
4	25 à 50 %
5	50 à 90 %

Remarque : Au-delà de 90 %, le substrat est de type rocheux
(cf. ci-après)

d211.4 - Cas particuliers

d2114.1.- SUBSTRATS ORGANO-TERREUX ...

Si la couche terreuse est surmontée par une couche organique faisant partie des horizons Ao ou Ao + Al du profil pédologique différencié dans la masse terreuse, il est convenu de négliger la couche organique si elle a moins de 15 cm d'épaisseur et de signaler sa présence, si elle a plus de 15 cm d'épaisseur en utilisant les conventions suivantes :

TABLEAU IV

Classification des substrats terreux par rapport aux substrats organo-terreux

épaisseur de la couche organique < 15 cm	épaisseur de la couche organique > 15 cm	observations
substrat terreux très profond	substrat organo-terreux très profond	épaisseur totale > 1,20 m
substrat terreux <u>+</u> profond, sur assise rocheuse.	substrat organo-terreux <u>+</u> profond, sur assise rocheuse.	épaisseur totale comprise entre 0 et 1,20 m
substrat terro-rocheux	substrat organo-terro-rocheux	roche affleurante < 90 %

d2114.2 - SUBSTRATS TERREUX AVEC ZONE (S)
ORGANIQUE (S) ENFOUIE (S) ...

De même, on pourra signaler les cas particuliers de strates organiques enfouies dans un profil terreux en énonçant le type de substrat, suivi de :

... avec zone (s) organique (s) enfouie (s) entre x et y cm

d2114.3 - SUBSTRATS TERREUX AVEC ZONE TERREUSE
NETTEMENT CONSOLIDÉE ...

Ici encore, on signalera la présence d'un niveau consolidé par pédogénèses anciennes en énonçant le type de substrat, suivi de :

... avec zone terreuse nettement consolidée entre x et y cm

d21.2 - Substrats organiques, non rocheux ou plus ou moins rocheux.

Le profil édaphique est constitué dans sa majeure partie d'un ensemble de matériaux organiques. Le profil pédologique différencié, ou non, est inscrit dans la couche organique.

d212.1 - La couche organique a plus de 1,20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT ORGANIQUE TRES PROFOND

Pour un tel type, on indique :

- a) soit la profondeur à laquelle se trouve l'assise sous-jacente terreuse ou rocheuse ;

exemple : substrat organique très profond jusqu'à 1,60 m ;

- b) soit la profondeur atteinte, sans rencontrer d'assise ;

exemple : substrat organique très profond supérieur à 2,10 m ;

d212.2 - La couche organique repose sur une assise terreuse, à moins de 1,20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT ORGANIQUE, PLUS OU MOINS PROFOND, SUR ASSISE TERREUSE (voir cas particulier des substrats organo-terreux)

Remarque - SUBSTRATS ORGANO-TERREUX et SUBSTRATS ORGANIQUES SUR ASSISE TERREUSE

Il faut rappeler ici, sommairement, la distinction signalée au début de ce chapitre. Dans le premier type, le matériau organique n'appartient qu'aux horizons supérieurs A_o ou A₁, du profil pédologique différencié dans un ensemble terreux (podzols en particulier), alors que, dans le deuxième type, le matériau organique constitue l'essentiel du profil pédologique qui repose sur une assise minérale meuble qualifiée de terreuse (sols tourbeux, ...)

De même que pour le type terreux sur assise rocheuse, on indique ici aussi la profondeur, comprise entre 0 et 1,20 m, atteinte par la couche organique.

On pourra utiliser la terminologie suivante pour les classes de profondeurs :

- de 0 à 15 cm : très peu profond
- de 15 à 30 cm : peu profond
- de 30 à 60 cm : assez profond
- de 60 à 120 cm : profond

d212.3 - La couche organique repose sur une assise rocheuse à moins de 1,20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT ORGANIQUE, PLUS OU MOINS PROFOND, SUR ASSISE ROCHEUSE

Toutes les indications recommandées pour le type précédent sont valables.

d212.4 - La masse organique est encaissée par une masse rocheuse affleurante.

Type : SUBSTRAT ORGANO-ROCHEUX

Pour ce type, de même que pour les substrats terro-rocheux, on peut indiquer la profondeur moyenne atteinte par la masse organique, de la même façon que pour les 2 types précédents, mais il convient surtout d'indiquer la surface couverte par la roche affleurante.

On pourra, sur cette base, distinguer 5 classes de substrats organo-rocheux.

TABLEAU III
Classes de substrats terro-rocheux

classes	% de la surface occupée par la roche affleurante
1	< 2 %
2	2 à 10 %
3	10 à 25 %
4	25 à 50 %
5	50 à 90 %

Au-delà de 90 %, le substrat est du type rocheux.

d212.5 - Cas particulier

SUBSTRATS ORGANIQUES AVEC ZONE (S) TER-
REUSE (S) ENFOUIE (S)

Ce type permet de signaler certains cas très particuliers de strates terreuses enfouies dans un profil organique (alluvionnement).

Dans un tel cas, on énonce le type de substrat suivi de l'expression ... avec zone (s) organique (s) enfouie (s), entre x et y cm

d21.3 - Substrats minéraux particuliers grossiers à très grossiers, non rocheux ou plus ou moins rocheux.

De tels substrats sont définis par certains caractères de surface. Entre les particules élémentaires minérales de dimensions supérieures à 2 mm (graviers, cailloux, blocs), on n'observe pas de fraction minérale fine ou organique (cas des éboulis, plages de galets, etc.).

d213.1 - La couche de graviers et de pierres
a plus de 1,20 m d'épaisseur.

Type : SUBSTRAT A GRAVIERS ET PIERRES TRES
PROFOND

On indique ici la profondeur de la couche "meuble", de la
même façon que pour les substrats terreux ou organiques très profonds.

d213.2 - La couche de graviers et de pierres
repose sur une assise terreuse, située à moins de 1,20 m de profondeur.

Type : SUBSTRAT A GRAVIERS ET PIERRES PLUS
OU MOINS PROFOND, SUR ASSISE TERREUSE

On indique ici l'épaisseur de la couche de graviers et de
pierres, de la même façon que pour les substrats organiques sur as-
sise terreuse.

d213.3 - La couche de graviers et de pierres
repose sur une assise rocheuse, située à moins de 1,20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT A GRAVIERS ET PIERRES PLUS
OU MOINS PROFOND, SUR ASSISE ROCHEUSE

Toutes les indications recommandées pour la désignation
des substrats organiques sur assise terreuse sont valables pour ce type.

d213.4 - La masse de graviers et de pierres est
encaissée par une masse rocheuse affleurante.

Type : SUBSTRAT ROCHEUX A GRAVIERS ET
PIERRES

Toutes les indications recommandées pour la désignation
des substrats terro-rocheux ou organo-rocheux sont valables pour ce
type.

d2.2 - Substrats de végétation rocheux dès la surface

La surface rocheuse couvre plus de 90 % de l'aire considérée

Type : SUBSTRAT ROCHEUX

Suivant l'inclinaison de la surface rocheuse on distinguera les sous-types suivants :

- horizontal ou subhorizontal (dalles) : pente de 0 à 9%
- oblique : pente de 9 à 240 % (70°)
- abrupt : pente de 70° à 90°
- en surplomb : pente > 90°

d2.3 - Substrats de végétation aqueux dès la surface

non rocheux ou plus ou moins rocheux

Il s'agit, ici, des milieux submergés non accidentellement pendant la période annuelle de végétation. Nous envisagerons dans cette catégorie de classer les milieux aquatiques (KUBIËNA, 1953) et non les milieux "semi-terrestres de KUBIËNA". Les milieux "semi-terrestres" de KUBIËNA seront définis comme des milieux terrestres submergés, non accidentellement, en dehors de la période de végétation.

d23.1 - La couche d'eau a plus de 1,20 m de profondeur

Type : SUBSTRAT AQUEUX TRES PROFOND

Pour un tel type, on indique :

- a) soit la profondeur à laquelle se trouve le fond meuble ou rocheux

Exemple : substrat aqueux très profond, jusqu'à 1,60 m

- b) soit la profondeur atteinte, sans rencontrer le fond

Exemple : substrat aqueux très profond, supérieur à 3,10 m

d23.2 - La couche d'eau a moins de 1,20 m d'épaisseur.
Le fond meuble ou rocheux est totalement immergé.

De même que pour les types de substrats terreux, organiques, etc., on indiquera la profondeur atteinte par la couche d'eau.

On pourra utiliser la terminologie suivante pour les classes de profondeurs :

- de 0 à 15 cm : très peu profond
- de 15 à 30 cm : peu profond
- de 30 à 60 cm : assez profond
- de 60 à 120 cm : profond

On indiquera également la nature du matériau qui constitue le fond.

d232.1 - Le fond est terreux

Type : SUBSTRAT AQUEUX, PLUS OU MOINS PROFOND, SUR FOND TERREUX

d232.2 - Le fond est organique

Type : SUBSTRAT AQUEUX, PLUS DU MOINS PROFOND, SUR FOND ORGANIQUE

d232.3 - Le fond est graveleux et pierreux

Type : SUBSTRAT AQUEUX, PLUS OU MOINS PROFOND SUR FOND A GRAVIERS ET PIERRES

d232.4 - Le fond est rocheux et immergé

Type : SUBSTRAT AQUEUX, PLUS OU MOINS PROFOND, SUR FOND ROCHEUX

d23.3 - La couche d'eau n'immerge pas totalement la masse rocheuse qui affleure en un ou plusieurs endroits.

Type : SUBSTRAT AQUEUX-ROCHEUX

On pourra également rencontrer les types suivants :

- substrats aqueux - terre-rocheux
- " " - organo-rocheux
- " " - rocheux avec graviers et pierres

Pour ces types on peut indiquer tout comme pour les types terrestres correspondants, la profondeur moyenne atteinte par la masse d'eau, de la même façon que pour le type précédent, mais il convient surtout d'indiquer la surface couverte par la roche affleurante.

On pourra distinguer sur cette base, 5 classes de substrats aqueux-rocheux :

TABLEAU III
Classes de substrats terre-rocheux

classes	% de la surface occupée par la roche affleurante
1	< 2 %
2	2 à 10 %
3	10 à 25 %
4	25 à 50 %
5	50 à 90 %

Remarque : au-delà de 90 %, le substrat doit être considéré comme étant du type rocheux.

d2.4 - Conclusion sur les divers degrés d'hydromorphie
des types de substrats non aqueux

Nous n'avons jusqu'à présent considéré que les substrats non aqueux, c'est-à-dire TERRESTRES et les substrats AQUEUX. Nous écartons le terme ambigu semi-terrestre pour proposer de distinguer parmi les substrats terrestres divers degrés d'hydromorphie.

Nous aurons les substrats terrestres suivants :

- non hydromorphes
- temporairement hydromorphes
 - * sans submersion
 - * avec submersion
- à hydromorphie permanente
 - . sans submersion
 - . avec submersion temporaire

d3 - Représentation de profils et représentation cartographique des types de substrats de végétaux.

Nous avons regroupé en 2 fascicules (fig. 2,1 et fig. 2,2) l'illustration relative aux types morphologiques de substrats de la végétation.

d3.1 - Eléments de légende (fig. 2,1)

Pour l'eau de submersion, pour chaque type de matériau terreux, organique ou gravo-pierreux et pour les formations superficielles plus ou moins rocheuses, nous avons prévu 2 sortes de figuration :

- une figuration pour profils, utilisée fig. 2,2 pour la représentation des principaux types de profils.

- une figuration cartographique, utilisée fig. 2,2 pour la représentation cartographique des principaux types précédemment indiqués.

Pour la figuration cartographique, seules les classes définies pour l'eau de submersion et les matériaux terreux se différencient à l'aide de couleurs (2 gammes de tons) ; les autres classes sont définies à l'aide de figurés superposables entre eux.

d3.2 - Combinaison des éléments de légende (fig. 2,2)

Nous avons illustré, à l'aide des éléments de légende précédemment présentés, la classification des principaux types de substrats de végétaux exposés dans le paragraphe II,C,1,d2.

Le fascicule d'illustration (fig. 2,2) comporte successivement une page de représentation de profils et une page correspondante de représentation cartographique.

fig. 2.

1 - ELEMENTS DE LEGENDE

pour la représentation

- schématique , verticale (profils)

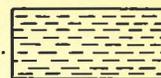
- et cartographique (échelle 1/ 10 000)

des TYPES MORPHOLOGIQUES

DE SUBSTRATS DE LA VEGETATION

LEGENDE relative à l'EAU DE SUBMERSION

1_ Figuration pour PROFILS.....



2_ Figuration CARTOGRAPHIQUE

(selon la profondeur moyenne atteinte par la COUCHE D'EAU)

Dénomination relative à la profondeur	Élément de légende (Couleur)	Profondeur
... très peu profond ...		0 à 15 cm
... peu profond ...		15 à 30 cm
... assez profond ...		30 à 60 cm
... profond ...		60 à 120 cm
... très profond ...		> 120 cm

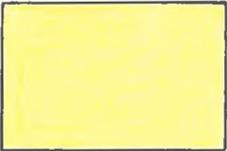
LEGENDE relative aux MATERIAUX TERREUX

1_ Figuration pour PROFILS.....



2_ Figuration CARTOGRAPHIQUE

(selon la profondeur moyenne atteinte par la COUCHE TERREUSE)

Dénomination relative à la profondeur	Élément de légende (Couleur)	Profondeur
... très peu profond ...		0 à 15 cm
... peu profond ...		15 à 30 cm
... assez profond ...		30 à 60 cm
... profond ...		60 à 120 cm
... très profond ...		> 120 cm

LEGENDE relative aux MATERIAUX ORGANIQUES

1_ Figuration pour PROFILS.....



2_ Figuration CARTOGRAPHIQUE

(selon la profondeur moyenne atteinte par la COUCHE ORGANIQUE)

Dénomination relative à la profondeur	Élément de légende (Figuré)	Profondeur
... très peu profond ...		0 à 15 cm
... peu profond ...		15 à 30 cm
... assez profond ...		30 à 60 cm
... profond ...		60 à 120 cm
... très profond .		> 120 cm

LEGENDE relative aux MATERIAUX GRAVELO-PIERREUX

1_ Figuration pour PROFILS.....



2_ Figuration CARTOGRAPHIQUE

(selon la profondeur moyenne atteinte par la COUCHE GRAVELO-PIERREUSE)

Dénomination relative à la profondeur	Élément de légende (Figuré)	Profondeur
... très peu profond ...		0 à 15 cm
... peu profond ...		15 à 30 cm
... assez profond ...		30 à 60 cm
... profond ...		60 à 120 cm
... très profond ...		> 120 cm

LEGENDE relative aux FORMATIONS plus ou moins ROCHEUSES

1 _ Figuration pour PROFILS.....



2 _ Figuration CARTOGRAPHIQUE

(selon le pourcentage de MATERIAUX ROCHEUX affleurant en surface)

Dénomination des types de substrats	Elément de légende (Figuré)	% affleurant
X , peu rocheux (sensu stricto)		< 2 %
Xo _rocheux (sensu stricto)		2 à 10 %
		10 à 25 %
		25 à 50 %
rocheux, X (sensu stricto)		50 à 90 %
rocheux		> 90 %

NB. X signifie soit terreux, soit organique, soit gravelo-pierreux, soit aqueux
Xo signifie soit terro-, soit organo-, soit gravelo-pierro-, soit aqueux

fig. 2.

2 - ILLUSTRATION relative
aux TYPES MORPHOLOGIQUES
DE SUBSTRATS DE LA VEGETATION

les plus fréquents

(ou illustration des COMBINAISONS possibles

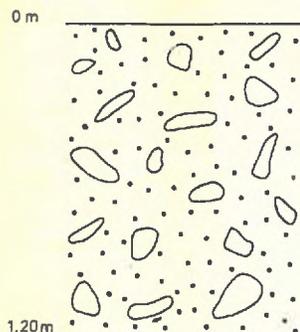
DES ELEMENTS DE LEGENDE

précédemment présentés)

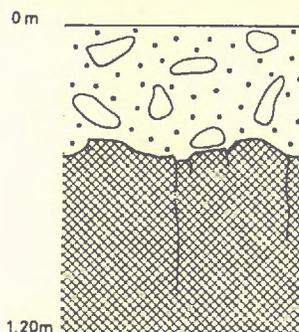
REPRESENTATION DE PROFILS

I. TYPES DE SUBSTRATS TERREUX

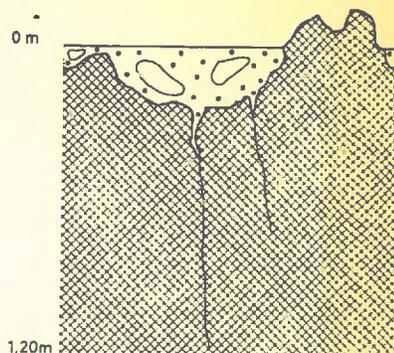
1 - Substrat terreux, très profond



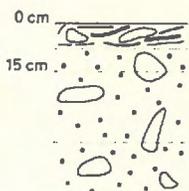
2 - Substrat terreux, plus ou moins profond, sur assise rocheuse



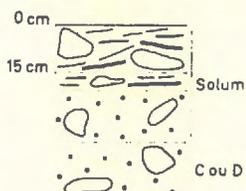
3 - Substrat terro-rocheux



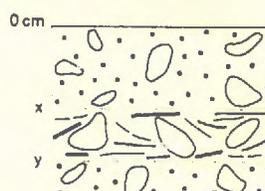
Cas particuliers



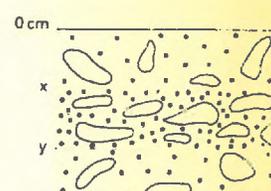
Substrat terreux



Substrat organo-terreux



Substrat terreux avec zone organique enfouie entre x et y cm.



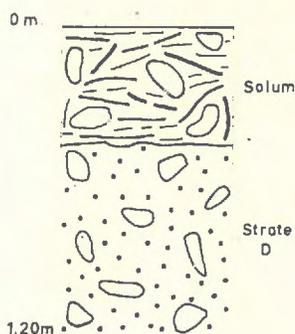
Substrat terreux avec zone terreuse nettement consolidée entre x et y cm.

II. TYPES DE SUBSTRATS ORGANIQUES

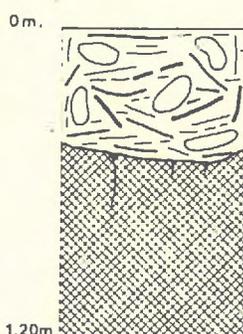
1 - Substrat organique, très profond



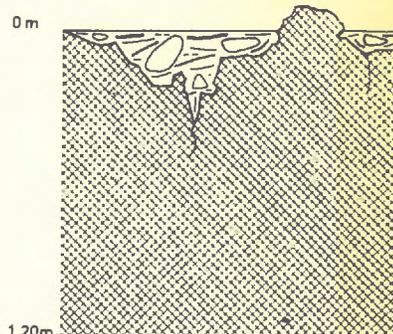
2 - Substrat organique, plus ou moins profond, sur assise terreuse



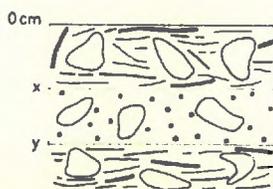
3 - Substrat organique, plus ou moins profond, sur assise rocheuse



4 - Substrat organo-rocheux



Cas particulier



Substrat organique avec zone terreuse enfouie entre x et y cm.

REPRESENTATION
CARTOGRAPHIQUE

I - TYPES DE SUBSTRATS TERREUX

1 - Substrat terreux, très profond

2 - Substrat terreux, plus ou moins profond sur assise rocheuse

3 - Substrat ferro-rocheux

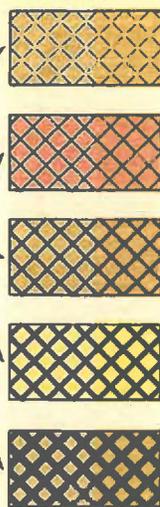
Types et éléments de composition



Types et éléments de composition



Exemples de combinaisons possibles



Éléments de composition



Cas particuliers



Substrat organo - terreux (exemple)



Substrat terreux très profond avec zone organique entre 30 et X cm (exemple)



Substrat terreux très profond avec zone terreuse consolidée à partir de 60 cm (exemple)

II - TYPES DE SUBSTRATS ORGANIQUES

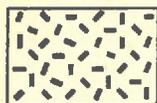
1 - Substrat organique très profond

2 - Substrat organique, plus ou moins profond sur assise terreuse

3 - Substrat organique, plus ou moins profond sur assise rocheuse

4 - Substrat organo-rocheux

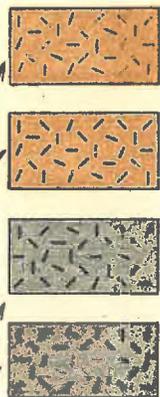
Types et éléments de composition



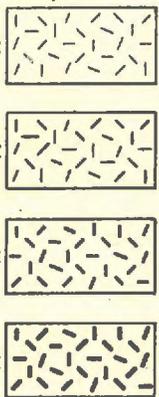
Éléments de composition



Exemples de combinaisons possibles



Types et éléments de composition



Exemples de combinaisons possibles



Éléments de composition



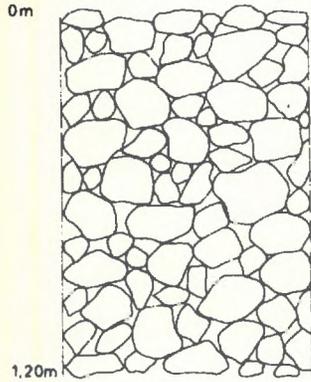
Cas particuliers



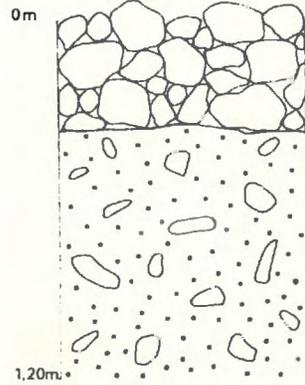
Substrat organique très profond avec zone terreuse enfouie entre 15 et 30 cm (exemple)

III - TYPES DE SUBSTRATS MINÉRAUX PARTICULAIRES GROSSIERS À TRÈS GROSSIERS

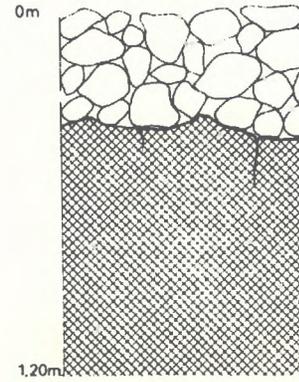
1 - Substrat à graviers et pierres, très profond



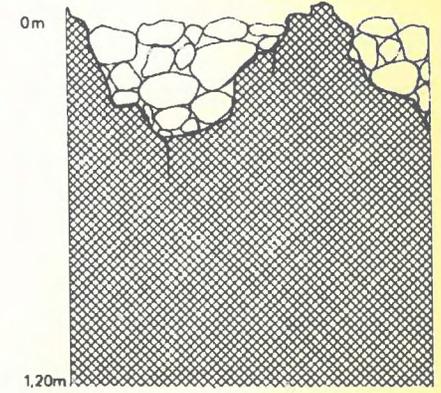
2 - Substrat à graviers et pierres, plus ou moins profond, sur assise terreuse



3 - Substrat à graviers et pierres, plus ou moins profond, sur assise rocheuse

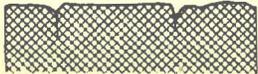


4 - Substrat rocheux à graviers et pierres



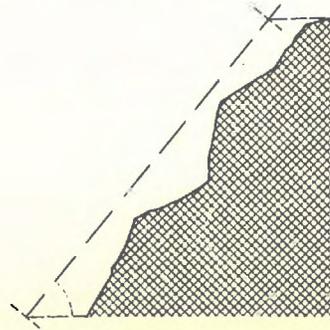
IV - TYPES DE SUBSTRATS ROCHEUX

1 - Horizontal ou subhorizontal



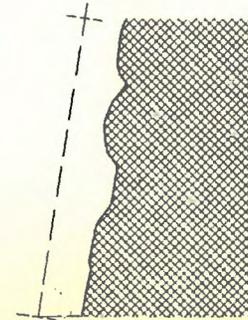
0 < Pente < 9%

2 - Oblique



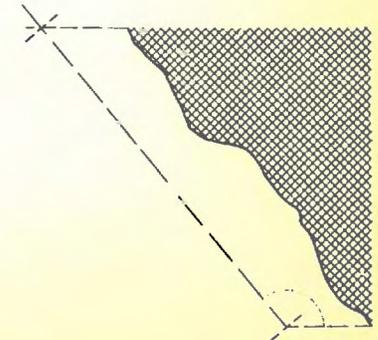
9% < Pente < 240%
< 70°

3 - Abrupt



70° < Pente < 90°

4 - En surplomb



Pente > 90°

III - TYPES DE SUBSTRATS MINÉRAUX PARTICULAIRES GROSSIERS A TRES GROSSIERS

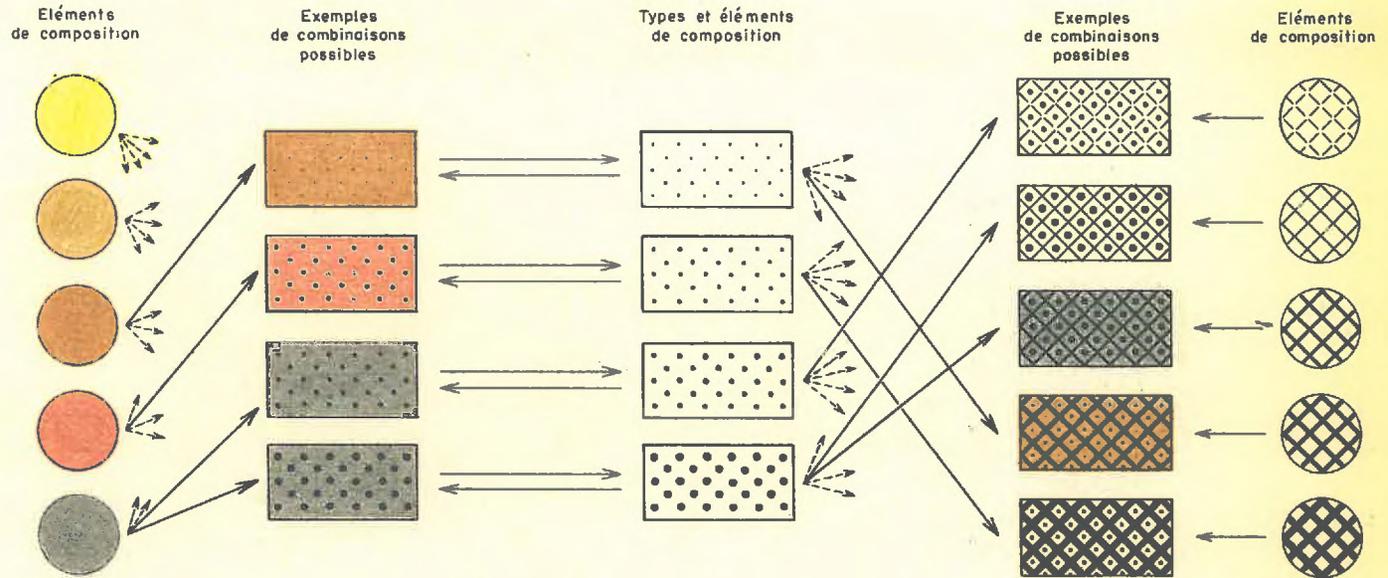
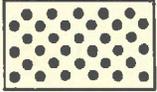
1 - Substrat à graviers et pierres, très profond

2 - Substrat à graviers et pierres, plus ou moins profond, sur assise terreuse

3 - Substrat à graviers et pierres, plus ou moins profond, sur assise rocheuse

4 - Substrat rocheux à graviers et pierres

Types et éléments de composition



IV - TYPES DE SUBSTRATS ROCHEUX

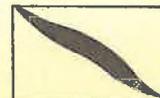
1 - Horizontal ou subhorizontal



2 - Oblique



3 - Abrupt

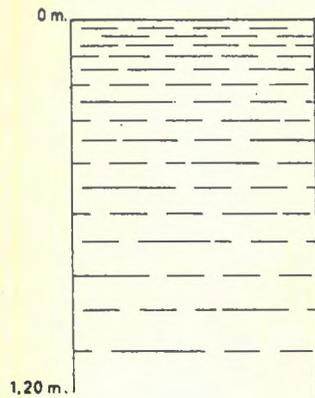


4 - En surplomb

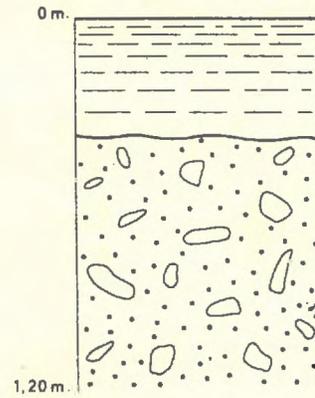


V - TYPES DE SUBSTRATS AQUEUX

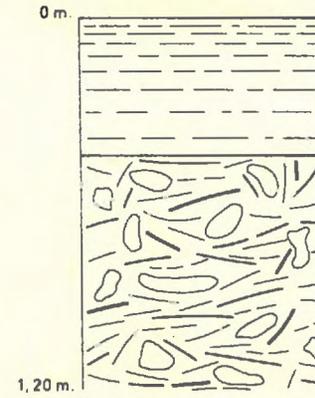
1 - Substrat aqueux,
très profond



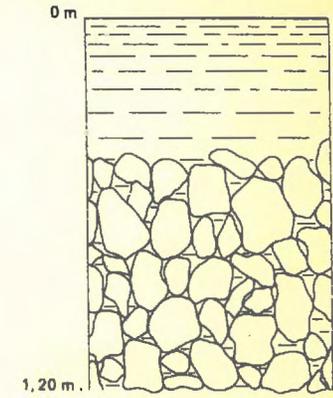
2 - Substrat aqueux,
plus ou moins profond,
sur fond terreux



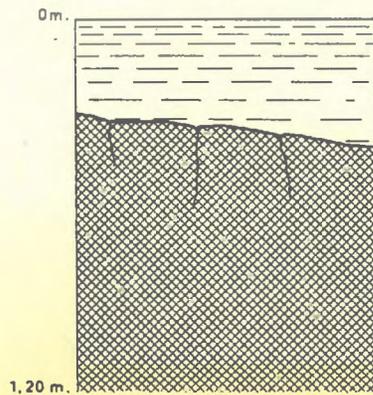
3 - Substrat aqueux,
plus ou moins profond,
sur fond organique



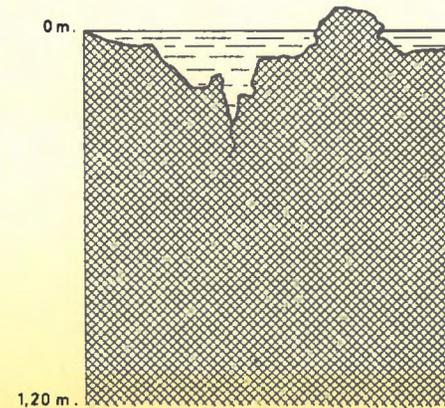
4 - Substrat aqueux,
plus ou moins profond,
sur fond à graviers et pierres



5 - Substrat aqueux,
plus ou moins profond,
sur fond rocheux



6 - Substrat aqueux-rocheux

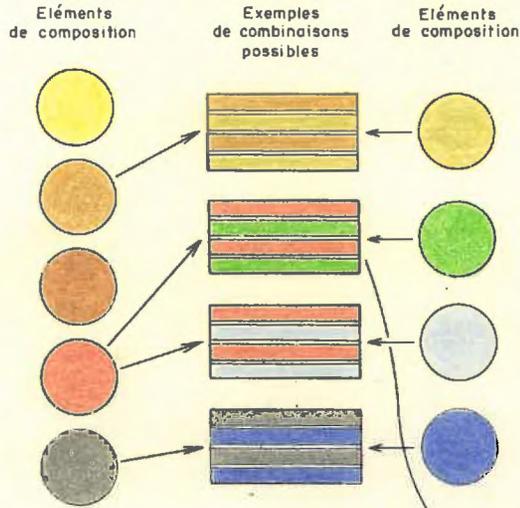


V - TYPES DE SUBSTRATS AQUEUX

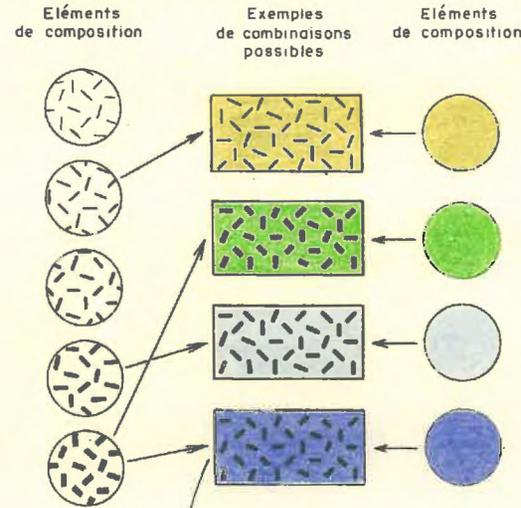
1 - Substrat aqueux, très profond



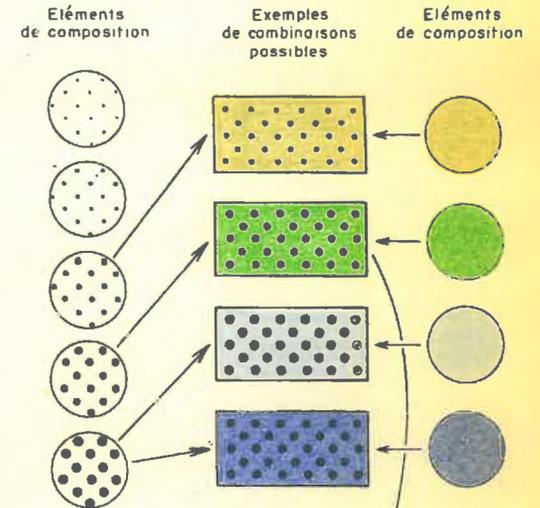
2 - Substrat aqueux, plus ou moins profond, sur fond terreux



3 - Substrat aqueux, plus ou moins profond, sur fond organique

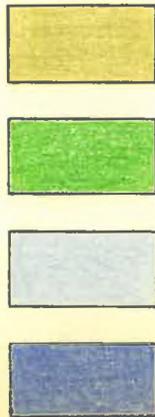


4 - Substrat aqueux, plus ou moins profond, sur fond à graviers et pierres



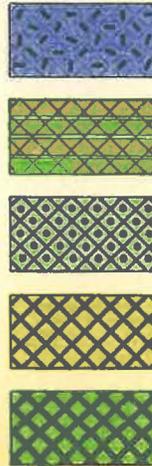
5 - Substrat aqueux, plus ou moins profond, sur fond rocheux

Types et éléments de composition

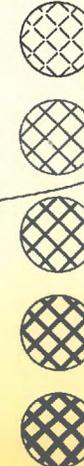


6 - Substrat aqueux-rocheux

Exemples de combinaisons possibles



Éléments de composition



2. L'étude morphogénétique des formations superficielles (substrats de végétation)

Les formations superficielles continentales constituent une partie importante des substrats de végétation. Nous allons développer dans ce qui suit, des considérations générales sur l'étude géopédogénétique des formations superficielles. L'application des méthodes géopédologiques, c'est-à-dire géologiques, géomorphologiques et pédologiques sera exposée dans la deuxième partie du mémoire.

a - Les formations superficielles continentales

Melle Y. DEWOLF (1965, 22) appelle "formations superficielles, les formations continentales, meubles ou secondairement consolidées, provenant de la désagrégation mécanique et de l'altération chimique des roches, qu'elles soient restées sur place ou qu'elles aient fait l'objet d'un remaniement et d'un transport ; et ceci quelles que soient leur génèse et leur évolution".

Cette définition serait satisfaisante si elle était moins restrictive.

En effet, il est regrettable de ne pas voir figurer parmi les formations SUPERFICIELLES, les formations rocheuses dures qui occupent pourtant dans de nombreuses régions (karstiques en particulier) des surfaces importantes par rapport aux surfaces qui présentent les formations meubles.

Aussi rectifierons-nous la définition de Melle Y. DEWOLF (1965) en disant que :

Les formations superficielles, meubles ou rocheuses, se sont formées aux dépens des formations géologiques, sous l'action combinée des processus de la géomorphogénèse et des processus de la pédogénèse.

Les formations superficielles ainsi définies comprennent donc :

(1) Les formations géopédologiques sensu lato, c'est-à-dire les formations superficielles meubles ou secondairement consolidées de Melle Y. DEWOLF (1965).

Suivant que l'un ou l'autre des processus pédologiques ou des processus géomorphologiques ne sera pas intervenu dans la morphogénèse du profil, un profil appartiendra

- soit aux formations géomorphologiques
exemples : regs, "sols" polygonaux, dunes de sable non fixées, etc.) ;
- soit aux formations pédologiques
exemple : profil monogénique et monophasé (cas extrême !)

Si les processus de la morphogénèse d'un profil ont été pédogénétiques et géomorphologiques successivement ou simultanément, on parlera de formations géopédologiques sensu stricto.

exemples : profils polygéniques, profils monogéniques tronqués etc .*

Le sens large ou restreint du qualificatif géopédologique peut se déduire en général de l'échelle du champ d'observation.

(2) Les formations géologiques sont des formations généralement minérales qui peuvent être rocheuses (dures) ou meubles (mais sédimentaires). Ces formations n'apparaissent en surface que sous l'action de facteurs d'érosion ou d'accidents tectoniques.

En conclusion, les formations superficielles comprennent aussi bien :

- les formations géologiques, qui peuvent être terreuses, (sédimentaires meubles), ou rocheuses ou les deux combinées.

- les formations géopédologiques, qui comprennent aussi bien les matériaux du sol proprement dit, aussi complexes soient-ils, que les matériaux "meubles" parentaux issus des roches dures, souvent qualifiés de "MATERIAUX ORIGINELS" (G. AUBERT, cours O.R.S.T.O.M., 1958), synonyme de "matériau-mère" ou de "matériau parental" (cf. Y. DEWOLF, 1965).

Les matériaux des formations géopédologiques sont des matériaux meubles généralement terreux, parfois organiques ou gravelo-pierreux.

b - Filiations entre formations géopédologiques et géologiques ou géomorphologiques

Dans tous les cas la formation géopédologique repose sur une formation géologique ou géomorphologique support.

Deux cas de filiations sont à envisager :

1er cas : la formation support ou "substratum géologique du sol" n'a aucune affinité avec la formation géopédologique qui le surmonte ; on dit que la formation géologique ou géomorphologique support est étrangère à la formation géopédologique.

2ème cas : la formation support ou "substratum géologique du sol" a une parenté avec la formation géopédologique qui la surmonte, on dit que la formation géologique ou géomorphologique est parente de la formation géopédologique dont elle est aussi le support. Inversement, on pourra dire que la formation géopédologique est dérivée de son substratum géologique ou géomorphologique.

Il conviendrait cependant d'établir des degrés dans cette parenté. On peut en établir au moins trois.

1er degré de parenté : le substratum parental du sol est meuble.

2ème degré de parenté : le substratum de la formation géo-pédologique est rocheux (dur). Le "matériel originel" provient de l'altération du matériau rocheux ; le ou les sols se sont formés aux dépens du matériel originel meuble.

3ème degré de parenté : le matériau originel ne provient pas de son substratum géologique. Le sol évolue aux dépens du matériau originel, mais il est influencé en particulier par le chimisme de la formation support, étrangère.

c - le concept de roche-mère de sol

Il s'agit bien ici du sol défini pédologiquement (§ II, A).

Dans une étude critique récente portant sur le sens de "roche-mère", Melle Y. DEWOLF (1965, 25-27) condamne ce terme parce qu'il a été et est encore trop souvent employé dans des sens différents.

Se basant sur les recommandations de G. AUBERT (Cours de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.), qui distingue la roche-mère et le matériau originel, Melle Y. DEWOLF considère, à juste titre d'ailleurs, que les deux termes manquent un peu de rigueur et que "la seule filiation directe et toujours certaine n'existe qu'entre le sol et le matériau meuble à partir duquel il se développe".

Cependant, étant donné l'audience de l'expression "roche-mère", le sens qu'elle évoque et la nécessité qu'il y a de disposer d'un terme pour indiquer la filiation directe qui existe entre un sol et le matériau meuble à partir duquel il s'est constitué, nous conserverons le concept de roche-mère en le définissant de façon simple, logique et utile.

Définition :

La roche-mère du sol est le matériau à partir duquel s'est formé le sol.

Pour que la filiation pédologique soit désignée rigoureusement le terme roche-mère devra précéder le type de sol auquel il se rapporte.

Ainsi la roche-mère d'un sol quelconque peut être aussi bien un type de sol actuel antérieur, qu'un paléosol ou qu'un matériau purement minéral, plus ou moins meuble, provenant ou non de l'altération d'une roche dure cohérente.

Exemples :

1. Roche-mère du sol brun méditerranéen = terra rossa ;
roche-mère présumée de la terra rossa = calcaire dur d'âge X.
2. En Grande Sologne, sur les plateaux, sous forêt de Pins sylvestres, il est fréquent de rencontrer des sols typiquement lessivés podzoliques. Dans cette zone, la formation géologique parentale est le Burdigalien m2C. Dans ce cas il serait imprécis de dire que le m2C est la roche-mère de ce sol. En fait la roche-mère du sol lessivé podzolique est un matériau dérivé du m2C par une série d'actions pédogénétiques variées (brunification par la culture, lessivage et podzolisation sous la végétation spontanée ou introduite).

On arrive ainsi à dénombrer dans certains profils autant de roches-mères que de types de sols décelés et à relier le type le plus ancien à la formation géologique parentale.

Dans un profil, on appelle roche-mère du sol, la partie du matériel affine à celle à partir de laquelle s'est formé le sol.

La roche-mère d'un sol s'observe parfois sous le sol ; elle est désignée généralement par le symbole C. Il est évident que ce n'est pas la roche-mère que l'on observe directement mais sa nature affine que l'on déduit par divers critères. Cependant, dans certains cas, le substratum du sol n'a aucune affinité avec la roche-mère, il est désigné par les lettres D, D1, D2, ..., Dn.

La roche-mère peut être de nature et d'origine complexe, rendant difficile, dans ce cas, le diagnostic pédogénétique du profil.

Par la définition présentée précédemment, on admettra que, si une roche-mère purement minérale peut donner naissance à un type de sol, ce sol peut, s'il subit une nouvelle action pédogénétique, fonctionner à son tour comme une roche-mère différente de la roche initiale. Dans cette optique, un profil peut présenter autant de roches-mères que de types pédogénétiques dénombrés.

A cela s'ajoute les apports latéraux de matériaux qui, sous l'action de la gravité, de l'eau, du vent, constituent également de nouvelles roches-mères pour les sols futurs.

Pour conclure, nous dirons que la définition précédente de la roche-mère convient à l'échelle du profil étudié.

A une échelle plus petite, il est nécessaire de concevoir la filiation des matériaux comme il a été dit à propos des filiations entre formations géopédologiques et formations géologiques.

Après les réserves énoncées précédemment, on pourra considérer que les formations supports parentales des formations pédologiques constituent les ROCHES-MÈRES DE CES FORMATIONS PEDOLOGIQUES.

4. Typologie géopédologique (ou pédo-géomorphologique)

Nous avons insisté jusqu'ici, sur la nécessité d'envisager, afin d'expliquer la morphologie parfois fort compliquée de

profils, non seulement l'action des processus anciens et actuels, mais encore, ceux de la géomorphologie, le plus souvent quaternaire.

Pour désigner ce qui est relatif à la géologie, à la géomorphologie et à la pédologie, nous utiliserons le terme GEOPÉDOLOGIQUE, (voir G. PLAISANCE et A. CAILLEUX, 1958 et A. JOURNAUX cité par J. TRICART, 1962), qui est en lui-même évocateur du sens que nous lui assignons.

Nous pouvons également utiliser le terme PEDO-GEOMORPHOLOGIQUE en synonymie, bien que non usité. Ce dernier terme sera réservé de préférence pour les questions de typologie géopédologique. Le terme géopédologique ayant alors un sens plus général.

Nous envisagerons donc de résoudre dans ce chapitre le problème de la classification des types morphogénétiques de profils ou de formations, sous l'angle géopédologique.

Nous serons amenés à classer les types pédo-morphologiques de profils ou de formations suivant une terminologie proposée, en particulier, par L. GLANGEAUD (1956) et B. GEZE (1959).

Les types pédo-géomorphologiques de formations (ou de profils)

(1) Formations mono-ou polygéniques (actions géomorphologiques)

On appellera :

- (a) Formations et profils monogènes ou monogéniques, les formations et les profils "où seules, des actions biologiques sont intervenues" (L. GLANGEAUD, 1956) dans la morphogénèse.
- (b) Formations et profils polygènes ou polygéniques, les formations et les "coupes verticales où s'observent des apports mécaniques latéraux, par voie externe" (L. GLANGEAUD, 1956).

On distinguera, les formations suivantes, selon les agents d'apports.

- polygéniques colluviales
- polygéniques alluviales
- polygéniques colluvio-alluviales
- polygéniques éoliennes
- polygéniques mixtes, complexes, pour les cas où l'on décelera, dans les profils, des apports d'origine variée, sans qu'il soit possible de distinguer une stratification des matériaux apportés ou de déceler le ou les agents de la stratification.

(2) Formations mono- ou polyphasées (actions paléopédologiques)

On appellera :

- (a) Formations et profils monophasés, les formations et les profils présentant un sol qui ne se sera formé que durant une seule phase climatique (L. GLANGEAUD, 1956 et B. GEZE, 1959).

On ne distinguera dans les profils de telles formations qu'un seul type climatique (1) génétique de sol. Ces formations pourront être :

- soit monophasées, actuelles, c'est-à-dire formées dans des conditions climatiques actuellement actives. La plupart de ces types de sols, parmi les plus anciens, seront donc postérieurs à la dernière glaciation quaternaire dans nos régions, ou au dernier "pluvial", en Afrique (10 000 à 15 000 ans ?), selon B. GEZE (1959).
- soit monophasées, héritées ; il s'agit alors, "de paléosols qui n'ont pas cessé d'être soumis à des influences climatiques voisines de celles qui ont présidé à leur genèse et qui ont donc sensiblement conservé dans leur profil, les caractères acquis depuis un temps qui peut avoir été très long" (B. GEZE, 1959).

(1) voir § (2), (b) et § (3)

- (b) Formations et profils polyphasés, les formations et les profils dont le "matériel a enregistré l'action de plusieurs phases climatiques" (L. GLANGEAUD, 1956).

Nous adopterons le point de vue de B. GEZE (1959) en étendant la notion de phases climatiques aux paléoclimats de tous ordres et pas seulement aux oscillations climatiques de second ordre du post-glaciaire, telles que les oscillations boréales, atlantiques, etc. (L. GLANGEAUD, 1956).

Nous distinguerons, les formations polyphasées suivantes :

- Formations polyphasées avec PALEO-SOL (S) ALTERE (S) EN SURFACE c'est-à-dire avec paléo-sol (s) modifié (s) par les conditions des pédogénèses actuelles.
- Formations polyphasées avec PALEO-SOL (S) FOSSILE (S) EXHUME (S) c'est-à-dire avec paléosol (s) enterré (s), puis remis à jour à la suite de l'ablation naturelle ou artificielle de la couche sus-jacente, généralement depuis un temps suffisamment long pour que le climat actuel ait pu entraîner une nouvelle évolution des horizons supérieurs (B. GEZE, 1959).
- Formations polyphasées avec PALEO-SOL(S) FOSSILE(S) MOMIFIE(S) c'est-à-dire paléosol(s) qui sont restés en surface, mais sous un climat tel, qu'aucune nouvelle évolution n'a pu se réaliser (B. GEZE, 1959).
- Formations polyphasées avec PALEO-SOL(S) FOSSILE(S) ENTERRE(S) c'est-à-dire avec paléosol (s) recouvert (s) de dépôts (B. GEZE, 1959).
- Formations polyphasées avec PALEO-SOLS EN SURFACE ET EN PROFONDEUR

- (3) Formations et profils mono- ou polytypiques (actions biotiques actuelles). Il n'est pas rare de rencontrer dans un même profil un type de sol formé aux dépens d'un ou plusieurs autres types formés dans les conditions actuelles de climat. Ces changements de types génétiques de sols sont le plus souvent dus à des changements de végétation provoqués généralement par l'homme, soit indirectement, soit directement. On parle dans de tels cas, d'évolution régressive ou d'évolution progressive des sols (Ph. DUCHAUFOR, 1948 à 1965).

On serait tenté d'étendre le sens de profil polyphasé aux profils présentant une succession de types de sols dus aux facteurs biotiques (G. LONG et P. DAGEF, 1965). Il y a bien, à chaque "révolution", non seulement modification de la couverture végétale, mais encore, modification microclimatique. Les conséquences du "polyphasage climatique" sont généralement plus importantes que celles du "polyphasage biotique". Aussi, proposerons-nous, pour distinguer ces agents de variation typologique, de réserver le terme polytypique pour des profils mono- ou polyphasés ayant connu, sous les conditions mésoclimatiques actuelles, des "stades" d'évolution différents liés aux facteurs biotiques (coupes forestières, feux, pâturages, cultures, etc.)

On appellera :

- (a) Formation mono-typique : une formation où l'on ne distingue qu'un seul type actuel de sol.
- (b) Formation poly-typique : une formation où l'on distingue 2 ou plusieurs types génétiques de sols qui se sont formés successivement aux dépens les uns des autres, durant une même phase macro- ou mésoclimatique (actuelle), mais sous des végétations différentes, le plus souvent induites par l'homme.

(4) Particularités diverses dues à des actions géomorphologiques ou géologiques

(a) Ablations superficielles

Le profil du sol actuel peut être

- ENTIER
- ou TRONQUÉ

Un profil est tronqué, lorsque la partie supérieure du profil plus ou moins différenciée n'est plus visible. Il y a eu généralement ablation par érosion ou déflation.

b) Artefacts pédologiques dûs à la stratification géologique ou paléopédologique

Lorsque la superposition de couches successives de la roche-mère simule ou masque l'existence d'horizons pédologiques, on se trouve en présence de deux cas possibles :

- cas de pseudo-profils : "la superposition des couches successives de la roche-mère simule la formation d'horizons pédologiques et donne l'impression qu'on se trouve en présence d'un sol très évolué, alors qu'au contraire le sol est jeune et aucun horizon pédologique ne s'est encore constitué". On rencontre ce cas dans certaines alluvions récentes "dans lesquelles une couche superficielle sableuse rappelle un horizon lessivé A, alors qu'une couche argileuse plus profonde simule un horizon d'accumulation B" (DUCHAUFOR, 1965).
- cas de profils complexes : il s'agit de profils qui présentent des sols formés "sur des roches-mères hétérogènes, qui offrent des couches successives souvent peu épaisses de composition et de texture différentes; les horizons pédologiques se confondent plus ou moins avec ces horizons géologiques" (DUCHAUFOR, 1965). Dans ce cas, par rapport au précédent, la différenciation des horizons due à l'évolution pédologique est masquée par l'hétérogénéité du matériel parental.

3. Conclusion

Nous avons insisté sur le fait que le milieu édaphique est, pour les végétaux, à la fois un support et un milieu physiologiquement plus ou moins actif, par ses propriétés physiques, physico-chimiques, chimiques et biochimiques.

a. Le milieu phyto-édaphique est généralement AQUEUX ou TERRESTRE ou les deux à la fois. De telles distinctions mettent l'accent sur le caractère support du milieu édaphique, pour lequel l'expression SUBSTRAT DE LA VEGETATION (ou des végétaux) défini antérieurement, convient bien.

Nous avons par ailleurs défini le concept de FORMATIONS SUPERFICIELLES CONTINENTALES.

Il est donc possible de dire que toutes les formations superficielles continentales constituent une partie importante des substrats pour la végétation.

D'autre part, le terme formation implique comme en phytogéographie (H. GAUSSEN, 1954) une acception morphologique. Sous cet aspect il est possible, dans de nombreux cas, de confondre : type morphologique de substrat de la végétation et type de formation superficielle.

On peut, sur cette base, distinguer, pour la végétation :

- (1) LES SUBSTRATS AQUEUX MARINS des formations marines (cités pour mémoire)

- (2) LES SUBSTRATS AQUEUX et plus ou moins TERRESTRES des formations continentales, que l'on peut subdiviser en :

- (2)1. SUBSTRATS AQUEUX CONTINENTAUX
- (2)2. SUBSTRATS AQUEUX, SUR FONDS MEUBLES non ou plus ou moins ROCHEUX
- (2)3. Substrats terrestres, plus ou moins hydromorphes,
comprenant :
 - (2)3.1. SUBSTRATS MEUBLES
 - (2)3.2. SUBSTRATS MEUBLES, non ou plus ou moins ROCHEUX
 - (2)3.3. SUBSTRATS ROCHEUX

Les substrats terrestres, plus ou moins hydromorphes pourront être étudiés sur la base de la conception géopédologique et écologique présentée antérieurement et développée dans la suite de ce mémoire.

Les substrats aqueux, marins et continentaux s'étudient de façon très particulière, selon des méthodes hydrobiologiques. Les caractères à décrire ou à analyser (vitesse des courants, oxygénation de l'eau, composition minérale, température, ...) sont assez différents de ceux que l'on prend en considération pour l'étude des milieux édaphiques terrestres.

Les considérations exposées ci-après ne traiteront donc que des substrats terrestres. Par extension, il sera possible de traiter de façon proche la plupart des substrats aqueux sur fond meuble ou sur fond rocheux, à condition que la couche d'eau ne joue qu'un rôle secondaire par rapport à la couche meuble ou rocheuse du fond.

Les substrats aqueux ne sont donc cités ici que pour mémoire. Leur étude est généralement l'objet de considérations hydrobiologiques et non géopédologiques.

b. L'étude géopédologique des formations superficielles continentales doit permettre d'obtenir un cadre morphologique (Types morphologiques de substrats de végétation) dans lequel seront définies les unités PEDO-GEOMORPHOGENETIQUES. L'ensemble permettant de situer les unités écologiques de tous ordres.

III - CONCEPTION ECOLOGIQUE

POUR L'ETUDE DES MILIEUX EDAPHIQUES VEGETAUX

A - CONCEPTIONS PEDOLOGIQUES ET CONCEPTION ECOLOGIQUE DANS L'ETUDE DES MILIEUX PHYTO-EDAPHIQUES (J.-P. WACQUANT, 1963)

Le terme édaphique est souvent employé dans l'étude des relations sol-plantes (G. MANIL, 1959, 225).

H. PALLMANN (1947) proposa pour refléter l'influence exacte du milieu édaphique sur la végétation, de distinguer les "sols identiques" des "sols ou milieux analogues". Les premiers seraient en rapport avec la morphologie du profil et les seconds traduiraient les propriétés physiologiques du profil.

Partant de préoccupations semblables, G. MANIL (1959) proposa à plusieurs reprises la nécessité de prévoir une conception pédologique et une conception édaphique, c'est-à-dire écologique, pour l'étude des profils.

Le pédologue, en général spécialiste des sciences du sol, s'intéresse, pour des raisons économiques, à tous les aspects qui concernent le sol.

En fait, le pédologue, schématiquement et au sens strict du terme, (voir § II,A) est avant tout un systématicien qui différencie et classe les différents types de sols. Il utilise à cette occasion des critères fort divers (cf. les nombreuses classifications proposées).

Ces critères sont le plus souvent relatifs à la dynamique des sols (conception française). Ces conclusions sont basées sur des observations morphologiques in situ et sur des analyses.

Les analyses de laboratoire utilisées, telles que : le degré d'entraînement des colloïdes argileux ou organiques, le degré d'entraînement du fer, le type d'humus qui gère l'évolution du sol dans un sens ou dans l'autre, le pH, des niveaux éluviaux ou illuviaux, etc. servant à préciser le degré d'évolution du sol observé.

La composition granulométrique et la texture, le pH, le C/N et le taux de matière organique, les taux de fer et d'aluminium libres, les taux de fer et d'aluminium totaux, etc., constituent les critères essentiels qui permettent le diagnostic pédologique ou plus exactement pédogénétique.

Cependant, aussi importantes que soient ces séries d'analyses, aucune de celles citées n'informent directement sur les propriétés de ce milieu édaphique.

Pour des raisons diverses, nombreux sont les écologistes qui ont recherché des corrélations sol-végétation sur la base des critères pédologiques ci-dessus énumérés. Ainsi a été découvert l'existence de plantes indicatrices de texture (psammophiles, pelophiles, ...), de pH (acidophiles, basiphiles, ...), d'humus (plantes de mull, du moder, ...), de types génétiques de sols (chênaie-charmaie de sols bruns acides climaciques, etc.), de sols carbonatés (calcicoles, dolomiticoles, ...), de sols salés (halophiles), etc.

Bien que, dans l'ensemble, les corrélations recherchées aient été plus ou moins significatives, nous pensons que d'après les fondements mêmes de ce type de recherches, on aboutit fatalement à une impasse à partir d'un certain niveau de prospection.

En effet, la texture et le pH, critères considérés comme facteurs écologiques, ne sont que quelques unes des variables dont dépendent les qualités phyto-écologiques du milieu édaphique. Ainsi, pour des valeurs extrêmes de ces variables, les corrélations sol-végétation sont assez nettes. Il n'en est pas de même pour des valeurs intermédiaires.

Les sols argileux sont caractérisés en général par une grande microporosité (eau utile) et une faible macroporosité (capacité en air). A l'extrême, les sols sableux ont une microporosité faible et une macroporosité élevée.

En fait, ce qui distingue les psammophiles des pélophiles c'est davantage leurs exigences vis-à-vis de propriétés physiques liées à la structure (au sens général du terme, c'est-à-dire intégrant les notions de porosité, perméabilité et stabilité structurale) que confère le sable ou l'argile, que leur besoin en sable ou en argile.

Cette distinction de cause à effet se justifie, car deux sols également argileux et apparemment semblables morphologiquement, peuvent, suivant la nature et le degré de floculation des colloïdes argileux, être physiologiquement différents par leur état structural.

D'autre part, au sujet du pH des sols, un raisonnement du même genre permettrait de montrer qu'il n'est pas un critère phyto-écologique entièrement satisfaisant, car il dépend, de la nature et de la quantité des colloïdes en présence, du degré de saturation en bases échangeables de ces colloïdes, de la présence de sels solubles, etc.

Pour ne citer à nouveau que la texture et le pH, nous pensons que ces 2 critères ne sont que des indices de facteurs écologiques.

Ainsi la texture, dont dépend grosso modo la structure, n'est qu'un indice du facteur phyto-édaphique "structure", qui compris dans son sens le plus large, contrôle l'alimentation en eau et les conditions d'aération du milieu.

De même le pH n'est qu'un indice du complexe adsorbant de la rhizosphère ; ce dernier, véritable facteur phyto-édaphique, conditionne en grande partie la nutrition minérale.

B - CARACTERES PHYTO-EDAPHIQUES

1 - Facteurs phyto-édaphiques et indices de facteurs phyto-édaphiques (J.-P. WACQUANT, 1962).

A la suite des considérations précédentes, nous appellerons indices de facteurs phyto-édaphiques ou phyto-écologiques édaphiques, les diverses caractéristiques analytiques du sol telles que la texture, le pH, les éléments totaux, etc., qui sont le plus souvent des facteurs pédogénétiques n'intervenant que plus ou moins indirectement dans le comportement des végétaux.

Nous appellerons facteurs phyto-édaphiques ou phyto-écologiques édaphiques les combinaisons de caractéristiques analytiques du sol qui expriment synthétiquement :

- 1) Les conditions d'aération du milieu (aérobiose et anaérobiose)
- 2) La disponibilité en produits phytotrophiques vitaux
 - a) la disponibilité en eau (alimentation hydrique)
 - b) la disponibilité en éléments nutritifs (nutrition minérale)
- 3) La stimulation de l'alimentation minérale des végétaux (action des colloïdes humiques. voir R. BLANCHET, 1958).

N. B.

P. DAGNELIE (1962, 21) signale dans son mémoire intitulé "l'étude des communautés végétales par l'analyse des liaisons entre les espèces et les variables écologiques" qu'il n'utilisera pas l'expression facteur écologique, mais parlera de variables ou mesures écologiques ; car, dit-il, "nous désirons par là insister sur le fait qu'il s'agit uniquement des variables que nous pouvons observer directement. Il est possible, et même vraisemblable, que

certaines de ces variables n'ont qu'une influence très faible sur la répartition des plantes et que certains facteurs réellement fondamentaux échappent aux méthodes classiques d'observation".

Etant donné la nature des variables écologiques considérées par P. DAGNELLE dans son étude (1962), on peut mettre ne synonymie variable écologique et indice de facteur écologique au sens précédemment défini.

Il est évident que ces concepts n'ont rien d'absolu ; néanmoins ils nous paraissent nécessaires et suffisamment précis pour exprimer une démarche méthodologique.

Les conditions de milieu qui régissent l'aération et la disponibilité de produits phyto-édaphiques vitaux sont de deux ordres :

a) Les unes sont liées aux caractéristiques intrinsèques des matériaux (texture, morpho-structure, etc.) des horizons et des strates pris isolément. Pour mettre en évidence ces caractéristiques, on procède par observation et analyse d'échantillon de volume réduit.

La recherche de l'influence des caractéristiques édaphiques intrinsèques sur le comportement des végétaux est plus aisée lorsque la rhizosphère est homogène et ne comporte qu'un horizon ou qu'une strate, elle est plus délicate lorsque la rhizosphère comporte des horizons ou strates de propriétés et de puissances diverses.

Par caractéristiques intrinsèques, il faut donc comprendre les caractères morphologiques et les propriétés qui découlent de la constitution propre de chaque horizon ou strate, considérés indépendamment des caractères et des propriétés du milieu environnant dont il sera question ci-après.

b) Les autres dépendent des caractéristiques extrinsèques des matériaux précités (situation topographique, nappe d'eau souterraine, assise rocheuse, alios, cuirasse, etc.) ; caractéristiques que l'on peut regrouper sous l'expression d'environnement climatique, topographique, biotique, géologique ou pédologique particulier. Ces caractéristiques s'observent in situ.

L'importance de ces facteurs d'environnement du milieu géopédologique est liée à la présence possible d'obstacle ou de circonstances favorables ou défavorables aux migrations de l'eau libre et au cheminement des racines.

L'importance des caractères extrinsèques devient négligeable lorsque sont réunies les conditions suivantes :

- terrain plat suffisamment perméable,
- meuble sur une très grande profondeur,
- pas d'horizon imperméable dans le profil,
- pas de nappe phréatique.

Dans un tel cas, le comportement de la végétation de ce milieu est directement sous la dépendance des caractères intrinsèques de la rhizosphère sous une même unité climatique et dans un même type d'occupation du sol.

L'importance des caractères extrinsèques par rapport aux caractères intrinsèques dans certaines situations peut être accrue :

1. par la situation topographique et la pente du terrain qui conditionnent le drainage externe du sol (C. SYS et al., 1961, 33) ;
2. par la présence temporaire ou permanente d'une nappe d'eau souterraine plus ou moins profonde ;

3. par la présence à plus ou moins faible profondeur d'une assise ou d'une masse rocheuse ou même d'une masse terreuse consolidée par pédogénèse telle que alios, euirasse, etc., qui ont pour effet de réduire le volume de matériaux meubles (voir classification morphologique des types de substrats).

Les conditions extrinsèques sont donc les conditions d'environnement qui peuvent modifier l'effet des propriétés intrinsèques écologiques des matériaux constituant les horizons et les strates du profil.

Pour conclure ce paragraphe, nous insisterons sur deux points.

1°) Le comportement des végétaux est à lier essentiellement aux facteurs qui régissent l'aération (pédo-climat) et la disponibilité des produits phytotrophiques (nutrition minérale).

Ces facteurs dépendent de tous les paramètres analytiques du sol et du sous-sol, au nombre desquels sont compris ceux que nous avons appelé indices de facteurs (texture, pH, C/N, etc.) et non facteurs écologiques.

Tous les paramètres analytiques concourent plus ou moins directement et rarement indépendamment les uns des autres, à réaliser un certain état métabolique du milieu édaphique qui correspond à un moment donné à certaines propriétés physiques (conditions d'aération et d'alimentation en eau), à certaines propriétés physico-chimiques et chimiques (conditions pour la disponibilité en éléments nutritifs) et à certaines propriétés biochimiques (effet stimulant des colloïdes humiques par exemple).

L'analyse du milieu édaphique et de sa végétation au moment de l'étude écologique doit porter sur son état métabolique actuel si l'on désire expliquer le comportement actuel de la végétation, car cet état métabolique dépend des conditions de la morphogénèse du milieu, donc de son passé. L'état métabolique varie avec les modifications intimes de la pédogénèse et de la géomorphogénèse.

L'état métabolique du milieu édaphique vis-à-vis du végétal considéré n'est reflété que par ses propriétés physiques, physico-chimiques, chimiques, biochimiques et par les caractères de son environnement. Cet état n'est pas toujours reflété par la nature et la composition de ses constituants comme nous l'avons déjà souligné à propos de la texture que nous considérons seulement comme un indice du facteur écologique complexe qu'est la "structure", propriété physique qui gère les disponibilités en air et en eau de la rhizosphère (il ne s'agit évidemment pas de la morpho-structure mais de la structure mesurée et calculée au laboratoire ou in situ).

2°) La valeur des facteurs phyto-édaphiques dépend de deux grands groupes de caractéristiques.

- a) caractéristiques d'environnement du milieu édaphique meuble (topographie et pente, nappe d'eau, assise ou masse rocheuse, ...)
- b) caractéristiques phyto-écologiques intrinsèques des matériaux de la rhizosphère, que nous classerons sommairement en :

- propriétés physiques, c'est-à-dire propriétés structurales qui tiennent compte des porosités, de la stabilité structurale et de la perméabilité en particulier et qui gèrent les conditions d'aération et d'alimentation en eau. (J.-P. WACQUANT, 1963)

- propriétés physico-chimiques et chimiques qui gèrent la disponibilité en éléments nutritifs. Parmi les caractères principaux qu'il convient de considérer, il y a l'état du complexe adsorbant et les divers paramètres qui gèrent la disponibilité en cations et en anions (J.-P. WACQUANT, 1963) ;
- propriétés biochimiques telles que celles dues en particulier à l'action stimulante des colloïdes humiques sur l'absorption racinaire des ions nutritifs et sur le métabolisme en général (R. BLANCHET, 1958).

2 - Unités phyto-édaphiques

Nous avons distingué, parmi les caractères phyto-édaphiques, des caractères analytiques (variables ou mesures écologiques ou encore indices de facteurs phyto-écologiques) et des caractères de synthèse (facteurs phyto-écologiques proprement dits).

Les facteurs phyto-édaphiques proviennent de la combinaison, de deux ou plusieurs caractères analytiques d'un même horizon ou d'une même strate (caractères intrinsèques) ou de deux ou plusieurs caractères analytiques extrinsèques (voir §B, 1, b) d'un profil.

L'unité phyto-édaphique comportant généralement divers horizons et strates, sera définie en tenant compte à la fois des valeurs de chaque facteur dans les divers niveaux et des caractéristiques extrinsèques. Il est évident que la définition des unités phyto-édaphiques ne peut se faire par une simple cumulation de valeurs ; néanmoins, en attendant de pouvoir porter un diagnostic précis sur un profil, il sera souvent possible par une interprétation rationnelle de porter un jugement sur les qualités phyto-édaphiques de l'unité.

En attendant des développements plus importants d'un tel chapitre sur les unités phyto-édaphiques, nous prévoyons de définir l'unité édaphique de deux points de vue différents portant, d'une part sur les qualités hydriques (TYPE HYDRIQUE) et, d'autre part, sur les qualités phytotropiques (TYPE PHYTOTROPIQUE).

IV - ECO-PEDOLOGIE VEGETALE OU PHYTO-EDAPHOLOGIE

Nous avons souligné tout au long du paragraphe II, A la nécessité de n'utiliser le terme SOL que dans son acception pédologique la plus rigoureuse et d'appeler MILIEU EDAPHIQUE végétal, le support plus ou moins complexe des végétaux.

Le dictionnaire des sols de G. PLAISANCE et A. CAILLEUX (1958) donne bien au qualificatif EDAPHIQUE un sens écologique en spécifiant : "les conditions ou facteurs édaphiques régissent la vie végétale et animale. Leur étude est une partie importante de l'écologie".

Nous opposons donc ici en première analyse le concept SOL et celui de MILIEU EDAPHIQUE.

Quelquefois, les deux concepts se confondent (exemple d'un solum développé jusqu'au contact de la formation rocheuse parentale) et l'on peut dire dans un tel cas que le milieu édaphique se superpose au sol des pédologues.

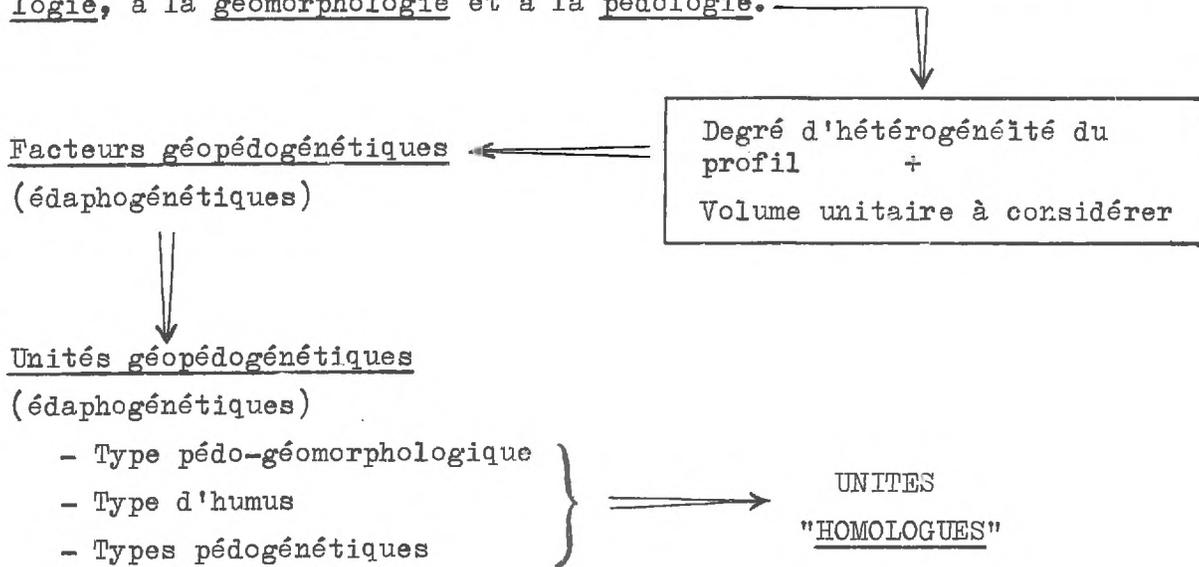
Mais, généralement, le milieu édaphique ne se confond pas (en plus ou en moins) avec la formation pédologique. Par contre, il peut se confondre avec une formation géopédologique (comprenant le "sol" et le sous-sol), une formation géomorphologique (dunes mobiles par exemple) ou même une formation géologique de surface (rocheuse ou meuble).

C'est à ces titres divers qu'il convient en ECOLOGIE VEGETALE de différencier la PEDOLOGIE de l'EDAPHOLOGIE VEGETALE.

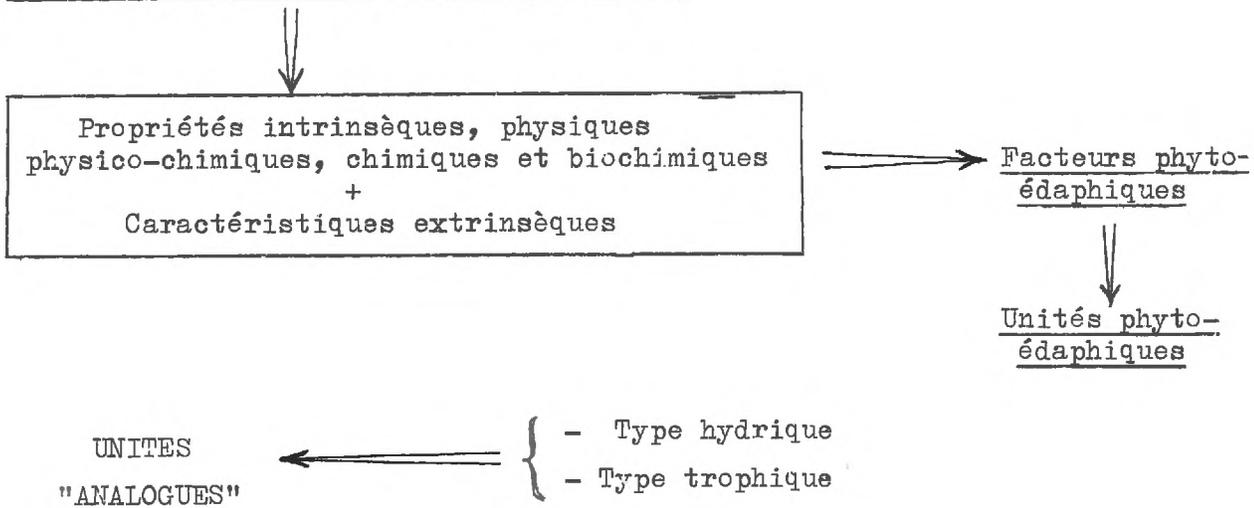
Nous avons vu chapitre II, I, les raisons pour lesquelles il était nécessaire de recourir en ECOLOGIE VEGETALE à l'étude morphogénétique du milieu édaphique (EDAPHOGENESE) par les méthodes géomorphologiques et pédologiques (méthodes GEOPEDOLOGIQUES)

Pour conclure, on peut schématiser comme suit la conception de l'étude édaphique (EDAPHOLOGIE) du milieu des végétaux qui complète la figure 3.

1/ Morphogénèse du milieu édaphique (EDAPHOGENESE). Se fait sur une base GEOPEDOLOGIQUE. L'étude géopédogénétique fait appel à la géologie, à la géomorphologie et à la pédologie.



2/ Etat des propriétés "physiologiques" du milieu édaphique (PHYTO-EDAPHOLOGIE). Se fait sur une base PHYTO-ECOLOGIQUE. L'étude phyto-édaphologique repose sur les propriétés édaphiques ayant une importance physiologique pour le végétal



N.B. - Généralement, les études ~~phyto-éthologiques~~ édaphiques portent sur des caractères édaphogéniques (variables, facteurs et quelques unités) et rarement sur des caractères ~~phyto-édaphiques~~ (facteurs et unités).

L'étude éthologique portant sur des caractères édaphogéniques, certes, peut rendre de grands services aux géologues, géomorphologues et pédologues en leur fournissant des lots de taxons indicateurs, mais nous éloigne de l'écologie causale.

DEUXIEME PARTIE

LA METHODE GEOPEDOLOGIQUE ET PHYTO-EDAPHIQUE

Comme nous l'avons signalé dans la 1ère partie du mémoire (chap. II, II, C, 3), la méthode présentée ci-après n'est applicable qu'aux formations terrestres généralement exondées ou peu submergées ; elle est établie pour des travaux à grande échelle mais peut être aussi utilisée pour de petites échelles.

Toute étude géopédologique et phyto-édaphique débute par une étude morphologique.

Cette étude morphologique est d'abord essentiellement ANALYTIQUE. Elle commence nécessairement sur le terrain par des observations et se poursuit ensuite au laboratoire et au bureau sur échantillons édaphiques qui sont soumis aux techniques analytiques et expérimentales.

L'analyse morphologique complète étant terminée, il est alors possible de réaliser un certain nombre de SYNTHÈSES qui permettront de caractériser de divers points de vue le milieu édaphique.

- point de vue morphologique, descriptif
- point de vue édaphogénique ou morphogénétique
- point de vue phyto-édaphique ou phyto-écologique

Le schéma, qui vient d'être présenté, des différentes démarches que comporte l'étude complète géopédologique et phyto-écologique des formations superficielles, permet d'entrevoir la complexité relative et la diversité des opérations.

Pour une raison didactique, nous traiterons ce chapitre en deux parties.

La 1ère partie traitera de l'étude sur le terrain.

La 2ème partie sera relative à l'étude en laboratoire et au bureau.

Cependant, dans cet actuel mémoire, la première partie présentera un condensé aussi complet que possible de l'étude sur le terrain, alors que la 2ème partie ne sera qu'un sommaire incomplet de la question en cours d'étude. Néanmoins ce sommaire permettra de terminer l'étude morphologique entreprise sur le terrain. L'élaboration des résultats d'analyses et leur interprétation pourra être plus tard l'objet d'une publication complémentaire.

Un schéma (fig. 3) résume les diverses opérations, signalées précédemment, que comporte l'étude des formations superficielles.

Fig 3-LES DIVERSES DÉMARCHES DE L'ÉTUDE GÉOPÉDOLOGIQUE ET PHYTO-ÉDAPHIQUE

SUR LE TERRAIN

AU LABORATOIRE ET AU BUREAU

Caractères généraux de la station
... références, topographie, végétation, flore, climat ...

ANALYSE

A. ÉTUDE DU PROFIL ÉDAPHIQUE

1 GÉNÉRALITÉS SUR LE PROFIL ET SON ENVIRONNEMENT = SCHÉMATISATION DU PROFIL

2 = DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES MATÉRIEAUX DU PROFIL
... couleurs, texture globale, pH, structure, enracinement...

3 Prélèvement des échantillons

conditionnement des échantillons
RÉSULTATS D'ANALYSES "BRUTS"

SYNTHÈSE

B. CARACTÉRISATIONS DE L'UNITÉ ÉDAPHIQUE

d'ordre morphologique = TYPE DE FORMATION SUPERFICIELLE (substrat de la végétation)

d'ordre morphogénétique = TYPE PÉDO-GÉOMORPHOLOGIQUE de formation = TYPE D'HUMUS = TYPES DE SOLS, MATÉRIAU ORIGINEL PRÉSUMÉ ET SUBSTRATUM DE LA FORMATION PÉDOLOGIQUE

d'ordre phyto-écologique = TYPE HYDRIQUE ÉDAPHIQUE = TYPE PHYTO-TROPHIQUE ÉDAPHIQUE

Caractérisations Pour chaque échantillon

Caractérisations morphologiques

Caractérisations morphogénétique

Caractérisations des propriétés Phyto-édaphiques

RÉSULTATS D'ANALYSES ÉLABORÉS

CHAPITRE I

L'ETUDE DANS LES CONDITIONS NATURELLES

L'étude sur le terrain se fait par observations et hypothèses que l'on consigne sur un ensemble de formulaires adaptés aux nécessités de l'étude.

Nous distinguerons 3 groupes de formulaires :

1er GROUPE réservé à des RENSEIGNEMENTS GENERAUX qui doivent permettre de caractériser la station étudiée sous divers angles : géographiques (localisation, ...), topographiques (altitude, situation, exposition, pente), phytosociologique, etc. Il est évident qu'un de ces formulaires doit comporter le nom de l'observateur, les dates d'observations, etc. (cf. formulaires du C.E.P.E., inédits).

2ème GROUPE, réservé à L'ETUDE DU PROFIL EDAPHIQUE. Ce groupe comprend :

- 1 formulaire pour la schématisation morphologique du profil, de son environnement, et pour la localisation des prélèvements
- 1 formulaire pour la description détaillée des matériaux du profil

3ème GROUPE, réservé :

- a) aux caractéristiques extrinsèques aux matériaux du profil (nappe d'eau, profondeur de la couche meuble, etc.) déjà consignées sur le schéma du profil,
- b) à la caractérisation morphologique, morphogénétique et phyto-écologique de l'unité édaphique considérée.

Nous n'aborderons pas ici les questions relatives aux renseignements généraux à porter sur les formulaires. On se réfèrera à ce sujet aux travaux et formulaires utilisés par les phyto-écologistes du Centre d'études phytosociologiques et écologiques de Montpellier (C.N.R.S.).

Par contre, nous détaillerons toutes les questions relatives à l'étude du profil édaphique et à la caractérisation de l'unité édaphique considérée.

A - ETUDE DU PROFIL EDAPIQUE

1.- Préliminaires à la description détaillée du profil

a. Choix de l'emplacement de la fosse et du profil

Le profil édaphique est étudié sur l'une des grandes faces verticales de la fosse qui a été creusée autant que possible dans la partie centrale de l'aire d'inventaire de la végétation, autrement dit, au centre de la station.

L'orientation et la forme à donner à la fosse dépend, entre autre, de la pente du terrain à étudier et de l'éclairage naturel que l'on désire donner à l'une des faces de la tranchée.

En général, sur un terrain à pente modérée, la fosse doit avoir au moins 1m de longueur et 0,60 m de largeur. Si l'on désire un éclairage direct et permanent au cours de la journée de l'une quelconque des faces, on aura soin d'orienter systématiquement la tranchée d'est en ouest.

La profondeur à atteindre dépend de la profondeur de l'assise rocheuse, de la profondeur du profil pédologique et de la profondeur moyenne de l'enracinement.

Pour situer un ordre de grandeur, sur les formations meubles très épaisses la fosse pourra atteindre 1 m à 1,50 m de profondeur ; la description du profil au-delà de cette profondeur, sera faite à partir d'un sondage complémentaire à la tarière.

Dans certains cas de profils polygéniques et polyphasés (1ère partie, chap. 26, II,C,2d), les observations devront être faites sur des coupes beaucoup plus profondes.

Si la fosse n'a pas plus de 0,60 m de largeur, il est recommandé de biseauter le bord opposé à la face qui sera étudiée, afin de pouvoir photographier le profil dans les meilleures conditions.

b. Préparation du profil

C'est une phase importante pour l'étude détaillée du profil.

Cette phase consiste à faire disparaître à l'aide d'un couteau, les surfaces qui ont été lissées et tassées par les outils lors du creusement. C'est en même temps l'occasion de se rendre compte comment se répartissent, verticalement et latéralement, les divers éléments morphologiques du milieu édaphique (fractions minérale, organique, éléments morpho-structuraux, racines,...)

c. Mise en évidence des horizons et des strates

La préparation du profil, à l'aide du couteau, s'accompagne d'une réflexion mentale portant sur la distinction des zones homogènes ou niveaux, généralement superposés, qui correspondent aux horizons et aux strates.

On essaie tout d'abord de repérer et de tracer les limites de zones qui peuvent être rapidement caractérisées par leur granulométrie fine, grossière ou très grossière, et par la répartition de la matière organique et du fer (soupçonnée au moins par les couleurs).

Ces niveaux seront soulignés suivant leurs contours à l'aide de la pointe du couteau ; on aura soin de débarrasser le fond de la fosse des chutes de terres afin de compléter cette opération jusqu'à la base de la fosse.

On aura ainsi fait apparaître les planchers des horizons du sol et ceux des strates géologiques ou géomorphologiques.

d. Schématisation du profil - Formulaire (fig. 4)

Cette schématisation est nécessaire pour comprendre et compléter les informations qui seront recueillies ultérieurement.

Avant de la réaliser, on dispose verticalement et appliquée contre le profil à étudier, une échelle de référence graduée en cm, ou de 5 en 5 cm.

On représente alors, schématiquement, sur la page du formulaire réservée à cette fin :

- 1) le tracé des planchers en indiquant s'il y a lieu les sinuosités ; une limite nette est représentée par un trait plein, une limite floue est indiquée en pointillés,
- 2) la répartition des graviers, des cailloux, des blocs et de la masse rocheuse,
- 3) éventuellement, la répartition des zones où l'argile et le fer sont distinctement localisés,
- 4) la répartition de la matière organique,
- 5) la répartition des taches, des grosses racines et, d'une manière générale, de toutes les particularités susceptibles de présenter un intérêt.

Sur le schéma, il est recommandé de figurer latéralement une échelle de référence graduée en centimètres, ou en mètre ; on respectera autant que possible les diverses proportions.

On pourra indiquer, en marge, les types génétiques d'horizons ou les types de strates.

e. Enregistrement de données générales relatives à la description du profil (fig.6)

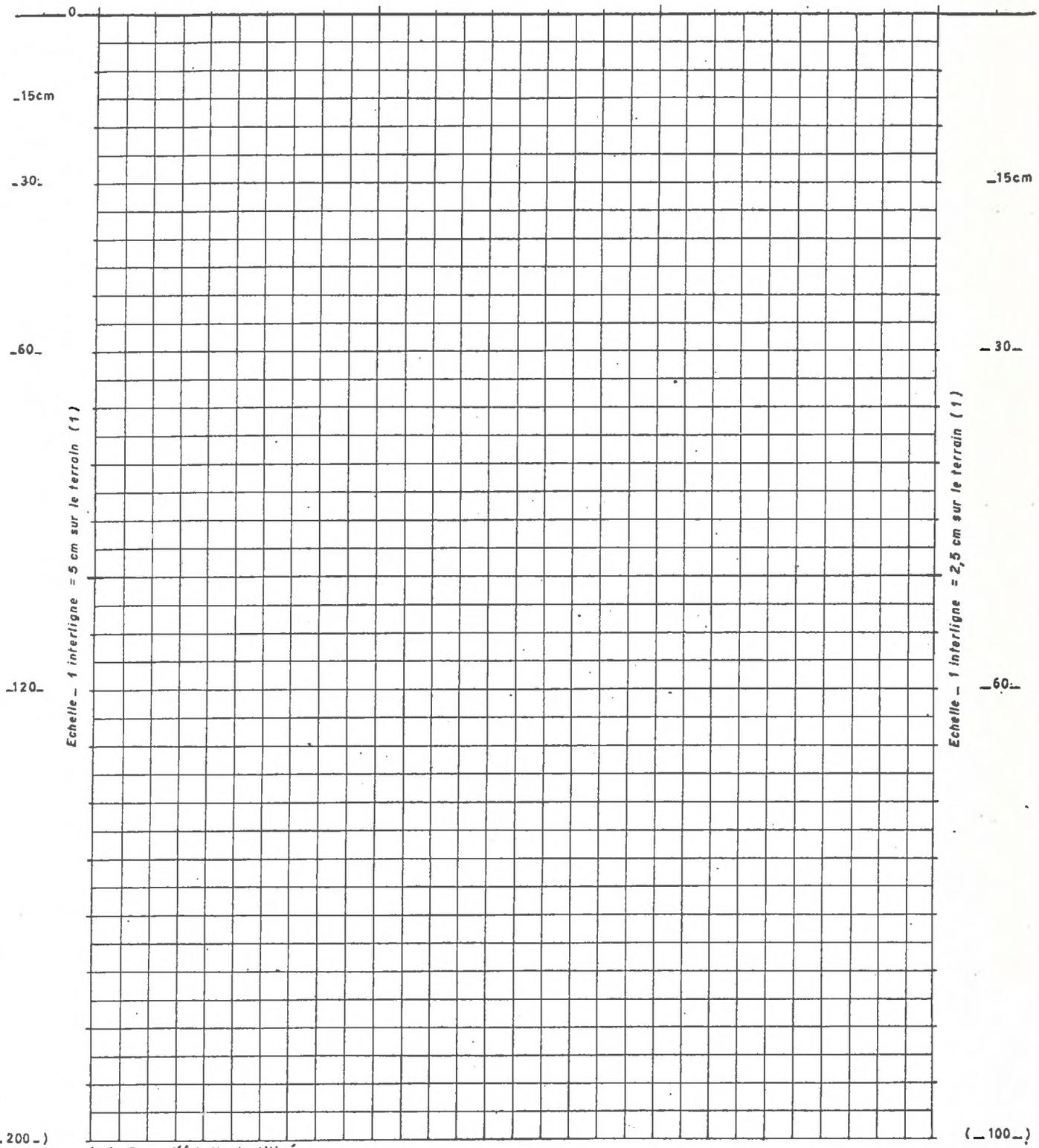
Il s'agit dès lors d'inscrire dans la première partie du formulaire de description du profil :

- 1) le numéro d'ordre, correspondant à chacun des matériaux qui seront décrits ultérieurement (voir rubrique N° des niveaux) ;

N° d'exécution.....

SCHEMA DU PROFIL

N° d'archivage.....



Echelle - 1 interligne = 5 cm sur le terrain (1)

Echelle - 1 interligne = 2,5 cm sur le terrain (1)

(1) Rayer l'échelle inutilisée

Photo, couleurs : _____

Photo, noir et blanc : _____

- 2) la profondeur moyenne de chaque plancher, cette profondeur étant mesurée à partir de la surface du sol (A₀₀ et A₀ non compris!) ; Pour évaluer la profondeur moyenne de chaque plancher, on examinera les 4 faces de la fosse, qui doivent reproduire une image assez homogène des faits observés (voir rubrique : Profondeur des planchers) ;
- 3) le type génétique présumé de chaque niveau ; on utilise la représentation conventionnelle suivante (voir rubrique : Types génétiques d'horizons ou de strates)
 - horizons éluviaux : A, A' , A1, A2, etc.
 - horizons illuviaux : (B), B, B' , B1, B2, etc.
 - strates parentales : C, C' , C₀,... ;
 - strates étrangères : D, D1, D2,...,Dn,... ;
- 4) les caractères descriptifs d'horizons ou de strates (voir rubrique : Description des planchers).

f. Généralités sur les rubriques de la 1ère partie du formulaire réservé à la DESCRIPTION DU PROFIL (fig. 6)

fl. Numéro des niveaux

Un horizon ou une strate de profil est généralement représenté par un type de matériau plus ou moins homogène, parfois par deux, rarement par plus de deux types de matériaux.

ON RESERVERA TOUJOURS UNE COLONNE du formulaire par TYPE DE MATERIAU ; que ce type de matériau représente à lui seul l'horizon ou la strate ou qu'il n'en représente qu'une partie (cas de stratification granulométrique grossière différente dans un même horizon de diagnostic pédogénétique ; cas de crotovides dans un horizon, etc.).

Le formulaire comporte dix colonnes (recto et verso) numérotées en chiffres romains de I à X.

Il faut parallèlement à ce numérotage de colonnes prévoir un numérotage par horizons et strates successifs et un numérotage des types de matériaux contenus dans chaque horizon ou strate.

Pour la codification, ce numérotage est prévu par deux séries de nombres arabes.

- la 1ère série sera composée d'un chiffre allant de 1 à 9 (au-delà la codification n'est généralement pas nécessaire)
- la 2ème série pourra être composée d'un nombre de deux chiffres. Il est prévu de n'utiliser que : 11 et 12 (qui pourront être portés en perforation mécanographique multiple, 13, 14, etc... pour les types de matériaux complémentaires constituant un horizon ou une strate.

Il est donc prévu qu'un horizon ou qu'une strate pourra être défini mécanographiquement par 2 types au maximum. Ce qui peut être suffisant dans de très nombreux cas.

En conclusion :

- 1) Si l'horizon ou la strate ne comporte qu'un type de matériau, on n'utilisera qu'un **seul chiffre** (que l'on peut indexer de deux zéros pour indiquer qu'à lui seul le matériau représente l'horizon ou la strate) pour désigner le niveau qui sera aussi le numéro d'ordre de l'horizon ou de la strate dans le profil. 1 désignera l'horizon de surface, 2, 3, 4, 5, ..., désigneront les horizons et strates suivants.
- 2) Si l'horizon ou la strate comporte 2 ou plusieurs types de matériaux, on désignera le plus **important** (évalué par un pourcentage de surface) comme précédemment, mais flanqué du chiffre 11 (en perforation multiple) pour indiquer qu'il n'est pas

le seul. Les types de ins en moins importants seront successive-
ment différenciés par l'emploi du l_2 , du l_3 , du l_4 , etc. à la place
du l_1 .

TABIEAU V

Numérotation des matériaux constitutifs du profil

N° des colonnes	I	II	III	IV	V	VI
Exemples de n° de niveaux successifs	1.	2.	3.	4.11	4.12	5.
	1.	2.	3.11	3.12	3.13	4.
	1.11	1.12	2.	3.	4.	5.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.

f2. Profondeur et description des planchers

à horizons ou de strates

f2.1. Profondeur - La profondeur du plan-
cher doit se mesurer à partir du sommet de l'horizon A1, donc à
compter du plancher du A0 s'il y en a un. Pour les A0 et A00 on
mesure les hauteurs de plafond.

On codera cette profondeur à l'aide de l'échelle cor-
respondante suivante :

TABLEAU VI

Codification des profondeurs exprimées en cm.

Profondeur	Code
1 cm	01
2 cm	<u>01</u>
3 cm	02
4 cm	<u>02</u>
5	03
6	<u>03</u>
7	
8	<u>04</u>
•	
•	
14	<u>07</u>
•	
•	
•	etc.

N.B. : On codera 11 en perforation multiple, lorsque le nombre indiquant la profondeur est précédé du signe "supérieur à" (>).

Avec cette échelle, la profondeur maximale qui pourra être codée sera inférieure à 2 mètres.

2.2. Description des planchers
Sur un profil les limites des horizons ou strates sont plus ou moins nettes, et plus ou moins sinueuses. Il convient de décrire ces limites. Nous nous reporterons aux propositions américaines (Soil Survey Manual, 1951) reprises et illustrées par M. DUPUIS (mars 1963) et qui permettent de distinguer les cas suivants :

1. Netteté des limites (fig. 5,1)

- 1.1. Limite tranchée : la zone de transition a de 1 à 3 cm d'épaisseur environ
- 1.2. Limite nette : la zone de transition a de 3 à 7 cm d'épaisseur environ
- 1.3. Limite graduelle : la zone de transition a environ de 7 à 15 cm d'épaisseur
- 1.4. Limite diffuse : la zone de transition a plus de 15 cm d'épaisseur

2. Dessin des limites (fig. 5,2)

- 2.1. Limite régulière : pratiquement rectiligne
- 2.2. Limite ondulée : poches plus larges que profondes
- 2.3. Limites irrégulières : poches irrégulières et plus profondes que larges et dont la forme doit être précisée
 - denticulées
 - dendritiques
 - lobées
 - anguleuses
- 2.4. Limites discontinues : présentant des solutions de discontinuité. C'est le cas, par exemple, des poches de terre remplissant les cavités d'une formation rocheuse très irrégulièrement altérée.

f2.3. Codifications relatives aux planchers
(descriptions)

TARLEAU VII

Codifications relatives aux descriptions de planchers.

1

NETTETE des limites	Code
enéchée	1
nette	3
graduelle	5
diffuse	7

2

DESSIN des limites		Code
régulier		1
ondulé		2
Irrégulier	denticulé	4
	dendritique	5
	lobé	6
	anguleux	7
discontinu		9

N.B - On codera 0, pour : "non déterminé"

f3. Désignation des types génétiques d'horizons
ou de strates

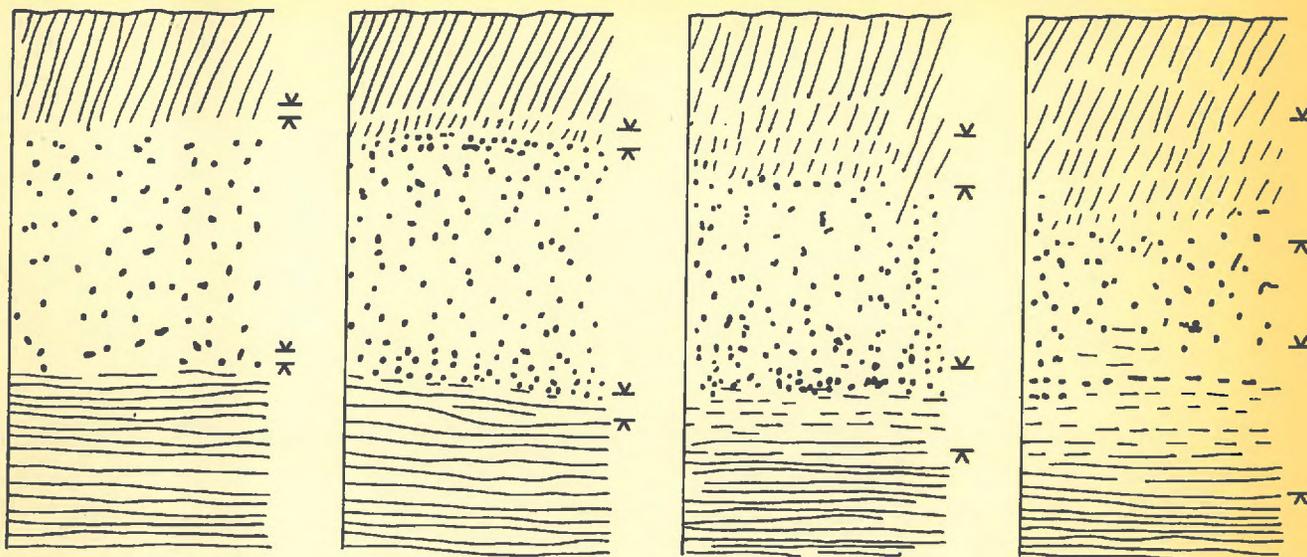
La désignation conventionnelle des types d'horizons ou de strates sur une base génétique est la suite logique de l'étude morphologique préliminaire. Elle permet d'orienter sans cesse la recherche de critères jalonnant l'histoire morphogénétique du profil. Cette désignation est hypothétique.

f3.1. Horizons de dépôts organiques (horizons produits sous certaines formations végétales)

Il s'agit, en fait, de couches organiques qui ne doivent pas être classées parmi les horizons éluviaux des sols, comme le laisserait entendre l'utilisation des symboles communément employés pour les caractériser.

Fig. 5 _DESCRIPTION DES LIMITES
D'HORIZONS ET STRATES

1 - NETTETE



Limite tranchée

limite nette

Limite graduelle

Limite diffuse

2 - FORMES

REGULIERE.....

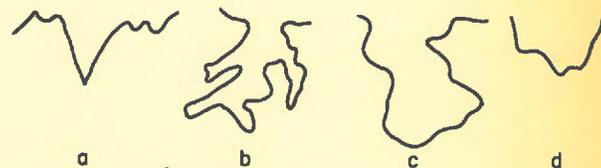


ONDULEE.....

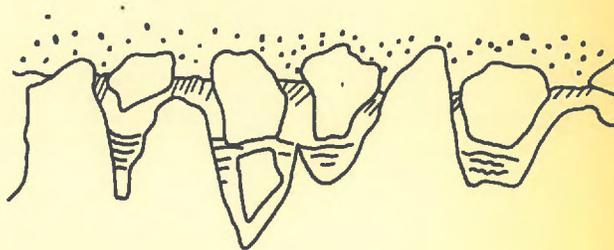


IRREGULIERE

- a - denticulée
- b - dendritique
- c - lobée
- d - anguleuse



DISCONTINUE.....



Aoo, horizon ou couche de débris organiques non ou très peu décomposés (feuilles, brindilles, plantes mortes, ..., généralement de l'année passée);

Ao, horizon ou couche organique de débris en décomposition, reposant généralement sur le 1er horizon du solum.

Aux symboles Aoo et Ao peuvent s'adjoindre, sans s'y substituer, d'autres symboles précisant l'état des matières organiques tels que L pour litière, F pour fermentation, H pour humification (Soil Survey Manual, 1951).

f3.2. Horizons éluviaux, d'après Soils
.....
Survey Manual (1951) et Ph. DUCHAU-
FOUR (1965)

(A), horizon différent de la roche-mère par une simple désagrégation physique; en fait, ainsi défini, cet horizon correspond plutôt à une strate géomorphologique.

A, horizon formé en surface, contenant de la matière organique ; souvent appauvri en colloïdes ou en fer par lessivage. Quand cet horizon est différencié, on peut le subdiviser en :

A1, horizon contenant de la matière organique intimement mélangée à la matière minérale ;

A2, horizon sous-jacent d'un horizon A1 ou AoA1, de couleur généralement plus claire, reposant souvent sur un horizon plus coloré et ayant perdu une grande partie de ses colloïdes argileux, du fer de l'aluminium qu'il contenait (lessivage, podzolisation, ...);

A3 ou A/B, correspond à une zone d'éluviation sans limites nettes, faisant la transition entre horizons éluviaux et horizons illuviaux ;

Ap, horizon de labour ou de toute autre cause de remaniement ; l'indice petit p est tiré de l'anglais "plowing".

f3.3. Horizons illuviaux, d'après Ph. DU-
.....
CHAUFOUR (1965)

(B) ou "horizon B structural", différent d'une part de la roche-mère par son degré d'altération plus fort (présence de Fe_2O_3 libre) ; d'autre part, de l'horizon de surface A, par sa structure différente, en général plus compacte (polyédrique ou prismatique) et par l'absence de matière organique".

B ou "horizon B textural", diffère de A par un enrichissement en colloïdes, en particulier en argile et en fer, parfois en humus. Quand cet horizon est différencié, on peut le subdiviser en :

B1 ou partie supérieure de l'horizon B d'un podzol enrichi en humus,

B2 ou partie inférieure de l'horizon B d'un podzol enrichi en fer".

B3 "désigne un horizon de transition vers C mais tenant plus de B que de C" (M. DUPUIS, mars 1963).

f3.4. Strates supports de sols, parentales:C
.....

Nous appellerons (voir 1ère partie, chap. II, II, C, 2, b et c)

Strate Co, la strate de matériel originel de la formation pédologique ;

Strate Cr, la formation rocheuse géologique, roche-mère du matériel originel, ou parentale du sol ;

Strate Co' ou C'r : indiquera que le matériel originel ou que la roche-mère du matériel originel a subi une altération de type géomorphologique sans illuviation.

f3.5. Strates supports de sol, étrangères : D
.....

Nous appellerons (voir lère partie, chap. II,II,C,2,b et c) Strate Do ou Dr, toute strate support de solums ou de strates C, Cr ou C', C'r, non parentale du sol ou de la roche-mère.

La strate Do, concerne une strate de roche sédimentaire meuble,

La strate Dr, concerne une strate de roche dure et cohérente.

Des subdivisions pourront être faites en indexant les sigles D, Do ou Dr, de chiffres croissants avec la profondeur à laquelle se rencontre chaque strate de subdivision.

On aura ainsi, par exemple, la succession suivante : D1, D2, D3, ..., Dn.

f3.6. Indices divers complémentaires
.....

Ces indices complètent la désignation de l'horizon ou de la strate. Ils définissent, parfois à eux seuls, un type morphogénétique de strate.

f36.1. Indices témoignant de la présence
ou l'action de l'eau

Np, indique la présence d'une nappe d'eau.

Ci, indique un niveau d'éluviatation oblique (circulation latérale).

g, désigne un niveau d'engorgement temporaire par l'eau (pseudogley) qui se manifeste par des taches ocre dominant un fond gris appauvri en fer (voir paragraphe sur la description des couleurs).

G, désigne un niveau d'engorgement permanent (gley) qui se manifeste par la dominance d'un fond gris verdâtre réducteur.

Gox, désigne un gley avec taches et concrétions de fer ferrique,

Gred, désigne un gley totalement réduit, uniformément verdâtre, à fer ferreux dominant (Ph. DUCHAUFOR, 1965).

f36.2. Indices témoignant une cimentation localisée ou généralisée

d'après le Soil Survey Manual (1951)

cn : indique la présence de concrétions riches en fer, manganèse ou les deux associés ou même phosphate et fer.

m : indique un niveau induré ("m", de "massive")

f36.3. Indices témoignant l'accumulation de certains sels

d'après le Soil Survey Manual (1951)

ca : indique une accumulation de carbonate de calcium (calcaire)

cs : indique une accumulation de sulfate de calcium (gypse)

sa : indique une accumulation de sels solubles, autres que le carbonate ou le sulfate de calcium.

Nous venons de définir les principaux types génétiques d'horizons ou de strates ; il convient, pour conclure, de préciser qu'un horizon développé au sein d'un horizon d'un sol plus ancien qui a servi de roche-mère, doit être signalé chaque fois que cela est possible.

Pour cela, on désigne l'horizon actuel comme il convient, suivi de la désignation de l'horizon ancien par la même nomenclature, mais indexé du signe "prime" (') ; dans le cas où d'autres horizons plus anciens seraient décelés, ils porteraient le signe "seconde" ("), "tierce" (") et ainsi de suite pour le principe.

exemple 1 : B1A', signifie que l'horizon B1 du sol actuel s'est développé dans l'horizon éluvial du type de sol précédent.

exemple 2 : A1A²g, signifie que l'horizon A1 du sol actuel s'est développé dans l'horizon A2 du type de sol précédent et que d'autre part il y eut et il y a encore pseudo-gleyfication au niveau de l'horizon considéré.

3.7. Codification des principaux types désignés d'horizons ou de strates

Les indices de cimentation et d'accumulation de sels ne seront pas codés.

Il est prévu la codification d'abord du type génétique actuel puis du type plus ancien (deux types au maximum).

TABLEAU VIII

Codification des principaux types génétiques d'horizons ou de strates

1/

Code	Désignation des types						
0	(A)	31	(B)	50	C	60	D
02	A	32	B	51	C _o	61	D _o
03	A _{oo}	33	B ₁	55	Cr	65	Dr
04	A _o	36	B ₂				
05	A _o L	39	B ₃ ou B/C				
06	A _o F						
07	A _o H						
10	A _p						
11	A ₁						
15	A ₂						
19	A ₃ ou A/B						

N.B. - On codera 00, pour "non déterminé"

2/

Désignation des indices	Ci	Np	g	G	G ox.	G red.	pas d'indice
Code	1	3	5	6	7	8	9

N.B. - On codera 0, pour "non déterminé"

g. Sondage de contrôle

Il s'agit de sondage effectués à la tarière à la périphérie de la fosse et dans l'aire du relevé, dans le but de vérifier la représentativité du profil dans la station.

Ces sondages ne sont recommandés que s'ils apparaissent nécessaires à la suite d'observations insolites faites sur le profil examiné dans la fosse.

h. Photographies

Le profil préparé, "référéncé" à l'aide d'une échelle graduée et d'une ardoise (petit format) portant la date et le numéro du relevé inscrits à la craie blanche, sera photographié.

On prendra au moins une photographie en couleurs et une photographie en noir et blanc ayant pour champ la totalité du profil.

Il est préférable d'utiliser un éclairage artificiel par "flash", afin d'éviter d'être asservi aux conditions naturelles d'éclairage ou d'avoir un sujet mal éclairé dans une de ses parties (inférieure, le plus souvent).

Sur le formulaire de schématisation du profil (en bas, à gauche), on enregistre quelques références photographiques (numéro, légende, etc.). .

2.- Description détaillée du profil

a. Formulaire pour la description détaillée du profil

Le formulaire présenté ci-après a été conçu pour décrire les profils des milieux terrestres meubles, non rocheux ou plus ou moins rocheux dès la surface.

Il pourra néanmoins être utilisé dans les cas particuliers suivants :

- pour les milieux submergés temporairement ou pour des milieux aqueux peu profonds, en réservant la 1ère colonne à la couche d'eau surmontant le fond terreux, organique ou rocheux qui pourra être décrit dans les colonnes suivantes. Cette première colonne ne sera donc pas remplie en fonction des rubriques prévues en marge.
- pour les substrats rocheux et les strates rocheuses, une colonne sera consacrée à la description du matériel cohérent, en traduisant et en adaptant certaines rubriques dans leur sens pétrographique (texture, structure).

Le formulaire de description du profil comporte 3 parties.

La première partie constitue en quelque sorte un cadre de renseignements généraux. Cette première partie comporte les rubriques suivantes : numéro des niveaux, profondeur et description des planchers et désignation des types génétiques d'horizons ou de strates. Ces rubriques sont étudiées nécessairement sur le terrain au cours de l'étude préliminaire à la description détaillée du profil, après avoir schématisé le profil sur le formulaire prévu (fig. 4).

La deuxième partie est exclusivement consacrée à la description détaillée des matériaux constitutifs des horizons et strates. Cette description se fait sur le terrain, mais peut être faite en grande partie au laboratoire, sur des échantillons parfaitement prélevés.

Cette partie comprend, pour chaque type de matériau à décrire en détail, les rubriques suivantes :

- détermination de l'humidité actuelle,
- description des couleurs,
- description de la texture globale,
- détermination du pH,
- détermination des réactions à l'acide (HCl),
- description de la structure,
- descriptions relatives à la faune et aux galeries,
- description des enracinements,
- particularités diverses.

La troisième partie ne concerne que le prélèvement des échantillons (profondeurs des prélèvements et numéros des contenants de transport et de stockage).

Fig. 6 - Formulaire pour la description du profil

N° d'exécution		_DESCRIPTION DU PROFIL			N° d'archivage.....	
N° des NIVEAUX		colonne I	colonne II	colonne III	colonne IV	colonne V
Descriptions des horizons et strates						
Profondeur des planchers		..... cm	..... cm	..... cm	..... cm	..... cm
Types génétiques d'horizons ou de strates						
Description des planchers						
Humidités ("Profil hydrique")						
Humidités de référence						
Couleurs de fond	mouillé..	m.....	m.....	m.....	m.....	m.....
	nature..	.....	.....	.....	.....	.....
	sec.....	S.....	S.....	S.....	S.....	S.....
Taches ; surface % ; (Ø)						
Couleurs.....						
Texture m.f. d'après % Fmf	Limons	L.....	L.....	L.....	L.....	L.....
	Argiles	A.....	A.....	A.....	A.....	A.....
	Sables	S.....	S.....	S.....	S.....	S.....
(Classif., Morphos., Pétro.)						
M.O.f. d'après % Ff. (Forme-Nature...)		MOF.....	MOF.....	MOF.....	MOF.....	MOF.....
R.O. d'après % Fmf + M.O.f. (Nature...)		RO.....	RO.....	RO.....	RO.....	RO.....
Pierailles, vol. % Fmf + MOF + P		P%.....	P%.....	P%.....	P%.....	P%.....
gravillons vol. % P.		gr.....	gr.....	gr.....	gr.....	gr.....
Gravettes vol. % P.		Gr.....	Gr.....	Gr.....	Gr.....	Gr.....
Cailloux vol. % P.		Cx.....	Cx.....	Cx.....	Cx.....	Cx.....
100 % P (Morphos., Pétro...)						
Blocs vol. % du total (Classif., Morphos., Nature)		Bl.%.....	Bl.%.....	Bl.%.....	Bl.%.....	Bl.%.....
pH Truog						
Test HCl						
Structure	degré.....					
	type.....					
	(taille).....					
	(résistance).....					
(Grains nus %)						
(Cimentations)						
Mécapores, fentes, cavités						
Faune et galeries						
Enracinements (chevêlu, radicelles) et racines	Chev.....	Chev.....	Chev.....	Chev.....	Chev.....	Chev.....
	Rad.....	Rad.....	Rad.....	Rad.....	Rad.....	Rad.....
	Rac.....	Rac.....	Rac.....	Rac.....	Rac.....	Rac.....
Particularités diverses						
N° du contenant						
Profondeurs des prélèvements						

b. Détermination de l'humidité actuelle (fig.6)

L'humidité actuelle est celle qui est appréciée à tous les niveaux du profil préparé ou "rafraîchi" avant d'en commencer l'étude descriptive détaillée.

L'humidité actuelle est évaluée subjectivement par rapport à la capacité de rétention et à l'humidité du matériau séché à l'air.

Comme cette évaluation est sujette à caution, il est convenu de la limiter à un petit nombre de cas bien tranchés.

On distinguera ainsi usuellement, les degrés suivants :

- saturé
- humide : humidité comprise entre la capacité de rétention et l'humidité de l'échantillon séché à l'air
- sec

En présence d'un échantillon déclaré "humide", on pourra éventuellement faire les nuances suivantes :

- très humide
- moyennement humide
- peu humide

On remarquera que le formulaire comporte 2 rubriques relatives à l'humidité actuelle.

La première rubrique, intitulée : humidité ("profil hydrique") concerne la répartition naturelle de l'eau tout le long du profil à l'instant d'observation, c'est la plus importante. Des indications portées dans cette rubrique ne présentent souvent, par leur valeur subjective et relative, que peu d'intérêt.

Cependant, il est des cas où ces indications peuvent être d'un grand intérêt pour l'interprétation hydrodynamique du sol.

Exemple - Sol humide en profondeur durant un été sec, très humide en surface après un orage, mais présentant en son sein une zone sèche.

Un examen plus approfondi dans ce cas peut permettre de justifier ces caractères hydriques dus, non à la présence d'une nappe profonde mais plutôt aux remarquables qualités structurales du sol sur toute sa hauteur.

Dans la seconde rubrique intitulée humidité de références, les indications ne seront fournies que si la description de caractères influencés par l'humidité tels que la couleur, la structure, ..., est faite sur une coupe qui a été longtemps exposée aux intempéries. L'indication de l'humidité de référence permet de savoir par exemple à quelle humidité s'est fait l'examen de la couleur "nature".

TABLEAU IX

Codification de l'humidité actuelle

Code des Classes	Désignation relative à l'humidité
0	SEC
2	peu humide
4	moyennement HUMIDE
6	très humide
8	SATURE d'eau
11	non déterminé

c. Description des couleurs

Une coupe verticale dans un horizon ou une strate, fait apparaître, soit une couleur uniforme, soit une couleur de fond et des couleurs surimposées.

Pour indiquer les couleurs observées dans le second cas, on doit signaler (fig. 6) :

- la couleur de fond, qu'elle soit dominante ou subordonnée,
- la ou les couleurs des taches ou des trainées se délimitant plus ou moins nettement sur le fond.

On indiquera pour ces couleurs :

- a) le pourcentage (%) de la surface examinée occupée par les taches ⁽¹⁾ qui sera ensuite codé comme suit :

TABLEAU X

Codification des pourcentages de taches

% occupé par les taches	0	10	10	20	30	40	50	60	70	80 et plus
Code des classes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

N.B. On codera :

- 11, pour "non déterminé"
- 12, pour signaler la présence de taches "rouillées" au contact des racines (oxydation racinaire)

(1) voir la planche pour l'estimation visuelle des rapports de surface (fig. 13).

- b) les dimensions moyennes des taches ou trainées (ϕ). Dans certains cas, il pourra être important de préciser la description des taches (netteté des contours, forme, etc.)

N.B. - Du point de vue morphogénétique, il est important de déceler qu'elle est la couleur de fond indépendamment de la dominance.

Ex. 1 - Dans un pseudo-gley, la couleur de fond est grise, plus ou moins colorés, les taches de "rouille" peuvent occuper des volumes extrêmement variables dans la masse grise.

Ex. 2 - Dans un sol à marbrures, la couleur spectrale de fond est généralement rouge ou rouge-orangé, alors que les trainées grises, parfois fort importantes ($> 50 \%$), constituent les couleurs surimposées.

Dans le 1er cas, il y a eu oxydation localisée dans une masse initialement réductrice.

Dans le 2ème cas, il y a eu réduction localisée dans une masse initialement rubéfiée.

cl. Généralités sur les corps colorés (d'après M. DERIBERE, 1964)

Un corps est coloré par les radiations lumineuses qu'il reçoit. La couleur de ce corps est donnée par la couleur des radiations qu'il n'absorbe pas et qu'il est capable de renvoyer.

Un corps est dit parfaitement blanc lorsqu'il diffuse également dans toutes les directions et sans absorption, toutes les radiations visibles qu'il reçoit.

Un corps est dit parfaitement noir lorsqu'il absorbe intégralement toutes les radiations qu'il reçoit.

Les corps parfaitement gris ou neutres sont ceux qui diffusent ou qui transmettent également et partiellement, les diverses radiations visibles qu'ils reçoivent.

Tout corps qui n'est pas blanc, gris ou noir est dit coloré. S'il n'est que faiblement coloré, il peut être dit blanc-rougeâtre, blanc-jaunâtre etc., ou gris-rougeâtre, gris-jaunâtre etc., ou noir-rougeâtre, noir-jaunâtre etc.

Le nom "couleur" est souvent pris dans un sens moins restrictif que l'adjectif "coloré" ; le blanc, les gris, le noir sont alors considérés comme des couleurs.

En colorimétrie une couleur non neutre est définie par 3 indications physiques :

- 1) Une longueur d'onde dominante ou complémentaire (limite ou moyenne) indique celle des couleurs pures dont la couleur considérée se rapproche le plus. La longueur d'onde correspond dans le langage courant aux adjectifs tels que : violet, bleu, vert, jaune, orange, pourpre (ou par une combinaison telle que : bleu-vert, rouge-pourpre, etc.) et au substantif "TEINTE".
- 2) Le degré de pureté (ou de saturation, ou facteur de luminance) qui indique comment la couleur considérée se rapproche plus ou moins de la couleur pure correspondante. Dans le langage courant, cette caractéristique se traduit par le mot PURETÉ et par les adjectifs pur (ou saturé) et lavé de blanc (ou plus brièvement lavé).
- 3) le facteur de clarté est une caractéristique photométrique d'intensité. Elle se traduit dans le langage courant par les adjectifs clair ou foncé et par le substantif CLARTÉ.

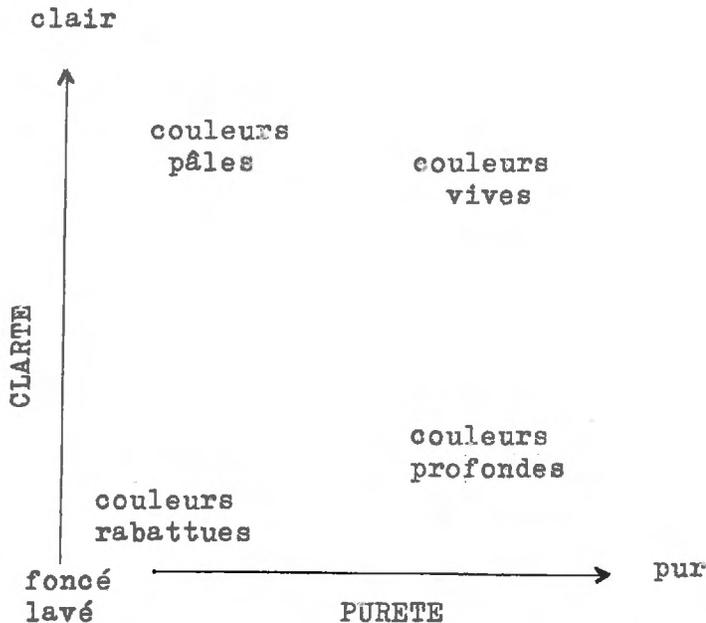


Fig.7 - Désignation de la couleur en fonction de la clarté et de la pureté

Nota - Les ordres de grandeurs du facteur de clarté et du degré de pureté d'un corps peuvent être exprimés comme suit à l'aide d'un seul adjectif :

- a. La couleur du corps est à la fois claire et saturée, elle est dite vive
- b. La couleur du corps est à la fois claire et lavée, elle est dite pâle (voisine du blanc)
- c. La couleur du corps est à la fois foncée et lavée, elle est dite rabattue (voisine du noir).

c2. Le système MUNSSELL d'atlas de couleurs
(d'après M. DERIBERE)

Dans le système général MUNSSELL, chaque teinte est repérée en coordonnées cylindriques à l'aide de 3 variables (fig. 8).

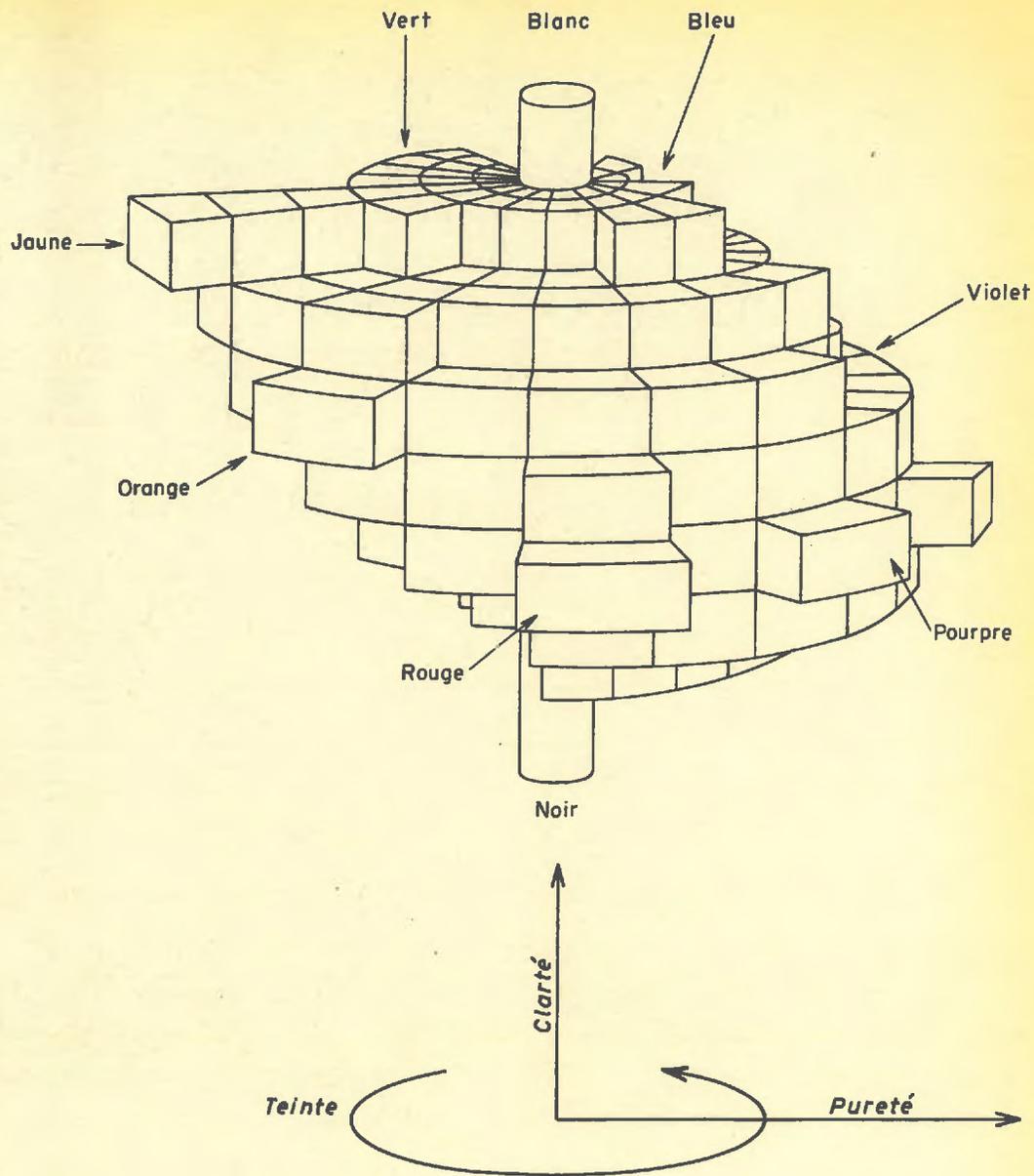


Fig. 8 – Représentation dans l'espace du solide des couleurs de Munsell

d'après M. DÉRIBÉRÉ . 1964

1. La TEINTE ("Hue"), qui correspond à une longueur d'onde donnée. La teinte définit la couleur : rouge, bleu, jaune,...
2. La VALEUR ("Value") qui correspond à la clarté;
3. La SATURATION ("chroma") qui correspond à la pureté.

"La représentation des atlas se fait en une suite de planches partant d'une teinte pour en donner les valeurs ou les degrés de saturation ou en une construction dans l'espace.

Pour cette représentation dans l'espace, on porte les valeurs sur l'axe vertical, le noir étant bas et le blanc au sommet ; les teintes sont placées dans le plan vertical, chaque teinte correspondant à un plan vertical passant par l'axe.

Une couleur est d'autant plus vive qu'elle est plus éloignée de l'axe vertical".

83. Désignation des couleurs à l'aide de l'atlas

MUNSELL pour les couleurs de sols

La couleur des matériaux géopédologiques ou géologiques est désignée à l'aide des planches de comparaison de l'atlas MUNSELL des couleurs de sols (MUNSELL SOIL COLOR CHARTS, 1954, de la Munsell Color Company Inc., BALTIMORE, 18, MARYLAND, U.S.A.).

Chaque page de l'atlas correspond à une longueur d'onde donnée ("hue") ; on a ainsi, selon la longueur d'onde croissante :

5 Y	}	teinte jaune (Y)			
2,5 Y					
(0 Y)					
	=	10 YR	}	teinte orangé (YR)	
		7,5 YR			
		5 YR			
		2,5 YR			
		(0 YR)			
		=	10 R	}	teinte rouge (R)
			(7,5 R)		
			(5 R)		

Sur chaque page, sont données :

- en abscisses : la pureté relative de la couleur ("chroma"), notée de 0 à 8;
- en ordonnées : la clarté de la couleur ("value") notée de 0 à 10.

Lorsque la clarté augmente, le noir s'estompe (0 = noir absolu) pour passer finalement au blanc pur (10 = blanc absolu).

Lorsque la pureté augmente, l'intensité de la couleur spectrale croît ; la pureté 8 est l'intensité maxima généralement observée.

L'atlas MUNSSELL comprend 7 pages correspondant à 196 couleurs. Les couleurs proviennent de la superposition d'un gris, plus ou moins intense, sur les teintes de base "jaune", "orange" ou "rouge" de tons différents (chroma) (voir M. DUPUIS - mars 1963).

Le manque de teintes "vertes" ou "bleues" rend souvent embarrassante la comparaison des couleurs pour certains sols.

Il arrive également, que l'on ait quelques difficultés à situer exactement la couleur d'un matériau par rapport à celles de la charte. Cette difficulté est souvent surmontée en indiquant la couleur intermédiaire entre 2 couleurs.

Ex. : la couleur de l'échantillon se situe entre 7,5 YR 6/2 et 5/2 ; on écrit 7,5 YR 5,5/2

Remarque importante

"La couleur, sensation physiologique, est impérativement liée à 3 dimensions :

1. la nature de l'objet,
2. la lumière qui l'éclaire et qui permet à l'oeil d'en recevoir le message,
3. l'oeil qui perçoit ce message et le communique au cerveau.

Cette triple dépendance de la couleur est impérative et devra être présente à l'esprit chaque fois que celui-ci aura à raisonner ou à examiner un problème de couleur" (M. DERIBERE, 1964).

c3.1. Lectures comparatives des couleurs
.....

Comme il vient d'être dit, le facteur personnel, les conditions d'éclairage et d'humidité des échantillons sont importants à considérer pour des désignations rigoureuses des couleurs.

- L'observateur doit éviter en particulier les éblouissements fréquents lorsqu'il travaille dans la nature, en plein soleil, afin de ne pas fausser son jugement.
- Les objets à comparer doivent être éclairés par une lumière naturelle, diffuse et suffisamment intense.
- On précisera à quel état d'humectation, la ou les couleurs du matériau sont observées. Il est recommandé de noter dans tous les cas la couleur du matériau humecté (voir formulaire fig. 6)

§c3.2. Enregistrement sur le formulaire des
.....
indications relatives à la couleur
.....

c32.1. Indication des couleurs d'après
l'atlas MUNSELL

Deux possibilités de notation :

a) la longueur d'onde de la couleur (hue) est donnée classiquement par la relation 5 Y - 2,5 Y - 10 YR - 7,5 YR - 5 YR - 2,5 YR ou 10 R, suivie des valeurs exprimant la clarté (value) et la pureté (chroma).

Ex.: 7,5 YR 6/2

b) la longueur d'onde est donnée par une série de chiffres, allant de 2 à 8, avec la correspondance suivante à la charte MUNSSELL:

TABLEAU XI

Codification des teintes

Code Munsell des teintes	5Y	2,5Y	10YR	7,5YR	5YR	2,5YR	10R
Code simplifié des teintes	2	3	4	5	6	7	8

Le chiffre retenu est suivi des chiffres de la charte MUNSSELL relatifs à la luminosité et à la pureté.

Ex.: 7,5 YR 6/2 correspond, en code à "562"

Ce deuxième mode de notation a l'avantage

- 1) de faciliter l'enregistrement des observations
- 2) de constituer une codification précise facilitant par la suite la recherche de corrélations

En somme, chacune des 196 couleurs est désignée seulement par 3 chiffres.

- le premier indique la longueur d'onde (croissance de 2 à 8)
- le second indique la clarté (croissante de 2 à 8)
- le troisième indique la pureté (croissante de 0 à 8)

On peut d'ailleurs prévoir sur le manuel de terrain la transcription des 3 chiffres correspondant à chaque pastille de couleur ; cette transcription peut être faite au niveau des perforations circulaires, sur le recto de la page suivante.

On réalise ainsi un code d'emploi très pratique.

Chaque nombre relatif aux couleurs observées sera reporté sur le formulaire dans l'une des 4 cases réservées à cet usage. (fig.6). Ensuite, sur la ligne correspondante située à gauche de chaque case, pourra être reporté les indications selon le "MUNSELL Color Charts" et sous cette ligne, la traduction française en clair, de la couleur.

Humidités de référence			
Couleurs de fond	mouillé	m 10YR 4/3 . 8.4.3	m
	nature	Rouge violacé clair	
	sec	S.....	S
Taches, surface % (d)		.....	.....
Couleurs		.....	.....
Texture m.f. d'après % Fmf	Limons	L.....	L.....
	Argiles	A	A

Fig.9 - Exemple d'observations colorimétriques reportées sur le formulaire
c32.2. Codification des nuances de couleurs sur le formulaire

La codification se fera en reportant dans la case réservée à cet usage le nombre de 3 chiffres relatif à la couleur observée à l'état mouillé (voir paragraphe c3.1)

c32.3. Dénomination des couleurs en clair

Cette dénomination est celle proposée par SYS et al., 1961 (cf. figures 10, a-g) en français.

Les noms des couleurs ne sont pas une traduction exacte de l'anglais, mais plutôt une traduction adaptée, évocatrice des

couleurs telles qu'elles sont généralement exprimées pour les sols, en langue française.

Cette traduction respecte néanmoins les regroupements des teintes prévus dans la charte MUNSELL, à quelques rares exceptions près.

032.4. Codification des noms de couleurs

Cette codification a été prévue pour permettre l'établissement de relations sommaires entre la couleur dénommée et d'autres caractéristiques.

Les couleurs dénommées sont présentées ci-après dans l'ordre de leur numéro de code correspondant.

TABLEAU XII

Codification des couleurs désignées en français

1. NOIR	13. GRIS-ROSE
2. VIOLET foncé	14. GRIS-ROUGEÂTRE foncé
3. VIOLET	15. GRIS-ROUGEÂTRE
4. GRIS très foncé	16. OLIVE foncé
5. GRIS foncé	17. OLIVE
6. GRIS	18. OLIVE pâle
7. GRIS pâle	19. BRUN-GRIS très foncé
8. GRIS-OLIVE foncé	20. BRUN-GRIS foncé
9. GRIS-OLIVE	21. BRUN-GRIS
10. GRIS-OLIVE pâle	22. BRUN-OLIVE
11. GRIS-BRUN	23. BRUN-OLIVE clair
12. GRIS-BRUN pâle	

Suite du TABLEAU XII

24. BRUN très foncé	44. ROUGE FONCE
25. BRUN foncé	45. ROUGE
26. BRUN clair	46. ROUGE clair
27. BRUN	47. ROUGE pâle
28. BRUN-JAUNE foncé	48. OCRE-BRUN
29. BRUN-JAUNE	49. OCRE-ROSE
30. BRUN-JAUNE clair	50. OCRE-ROUGE
31. BRUN FRANC	51. OCRE-ROUGE pâle
32. BRUN pâle	52. BEIGE foncé
33. BRUN ROSE	53. BEIGE
34. BRUN ROUGE foncé	54. JAUNE
35. BRUN ROUGE	55. JAUNE-OLIVÂTRE
36. ROUGE-BRUN très foncé	56. JAUNE OLIVE
37. ROUGE-BRUN foncé	57. JAUNE pâle
38. ROUGE-BRUN grisâtre	58. JAUNE clair
39. ROUGE-BRUN	59. JAUNE très clair
40. ROUGE-BRUN pâle	60. BLANC ROSE
41. ROUGE-VIOLACÉ	61. BLANC
42. ROUGE VIOLACÉ clair	
43. ROUGE VIOLACÉ pâle	

ATLAS⁽¹⁾
des noms français de couleurs⁽²⁾
et
des codes de couleurs⁽³⁾

Fig. 10.

(1) d'après MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1954

(2) d'après C. SYS et al. 1961

(3) J.P.W.

Longueur d'onde codée : 3

TEINTE (HUE 2,5Y)

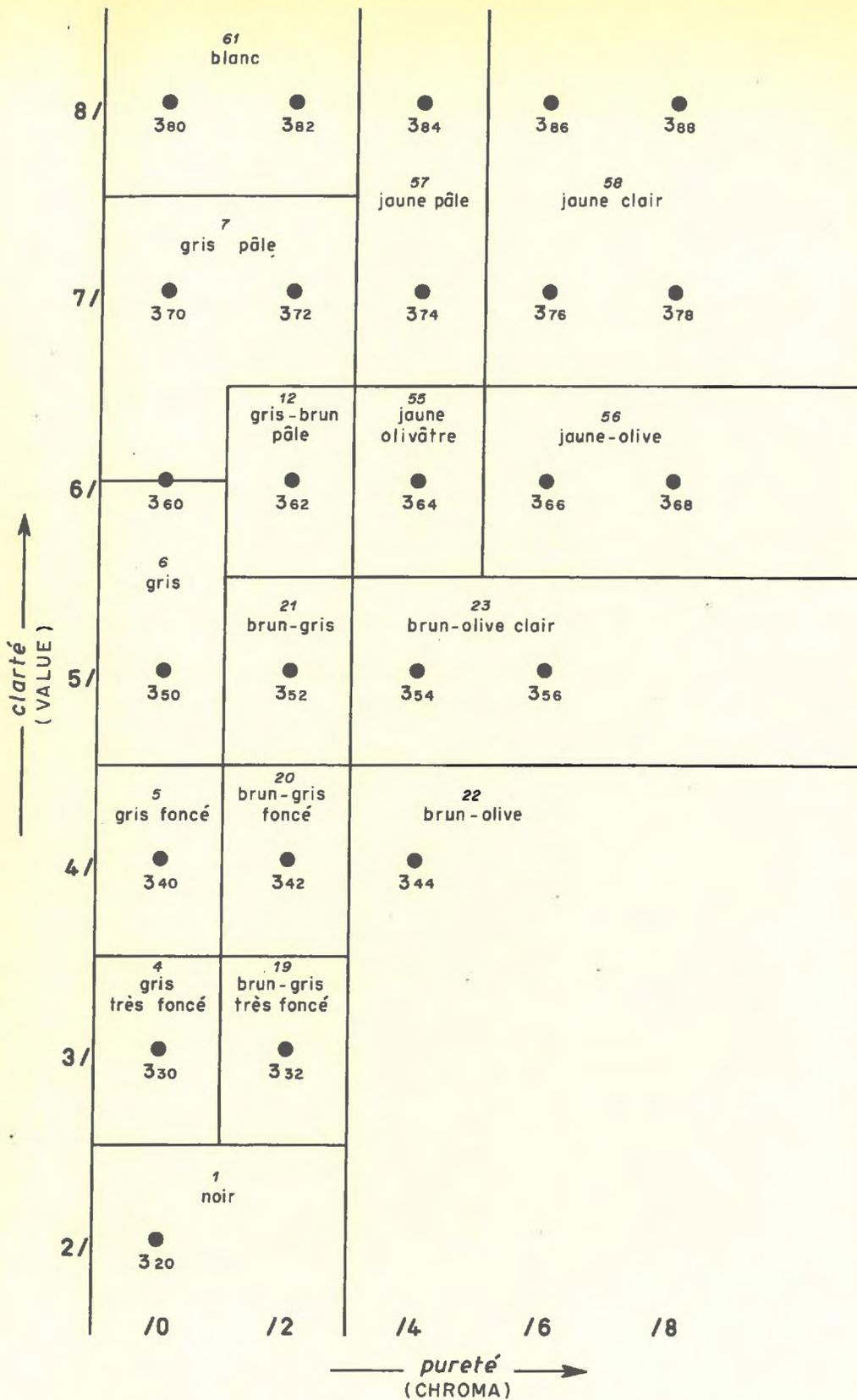


Fig.10b — Dénomination des couleurs en français (C.SYS et al. 1961).
Codification des nuances et des regroupements nominatifs de nuances (J.P.W.)

d'après MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1954

Longueur d'onde codée : 4

TEINTE (HUE 10YR)

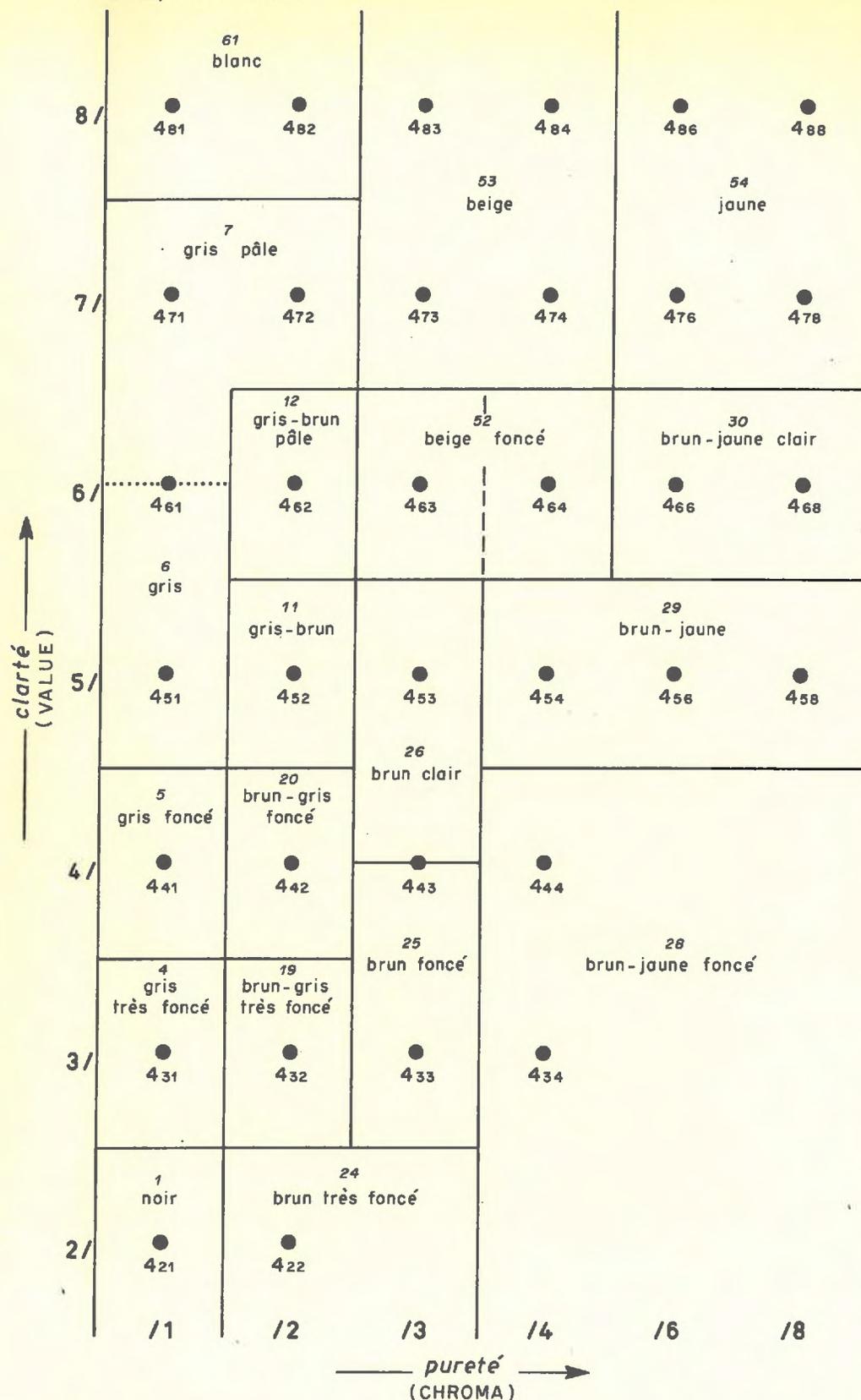


Fig.10c — Dénomination des couleurs en français (C.SYS et al. 1961).
Codification des nuances et des regroupements nominatifs de nuances (J.P.W.)

Longueur d'onde codée : 5

TEINTE (HUE 7,5 YR)

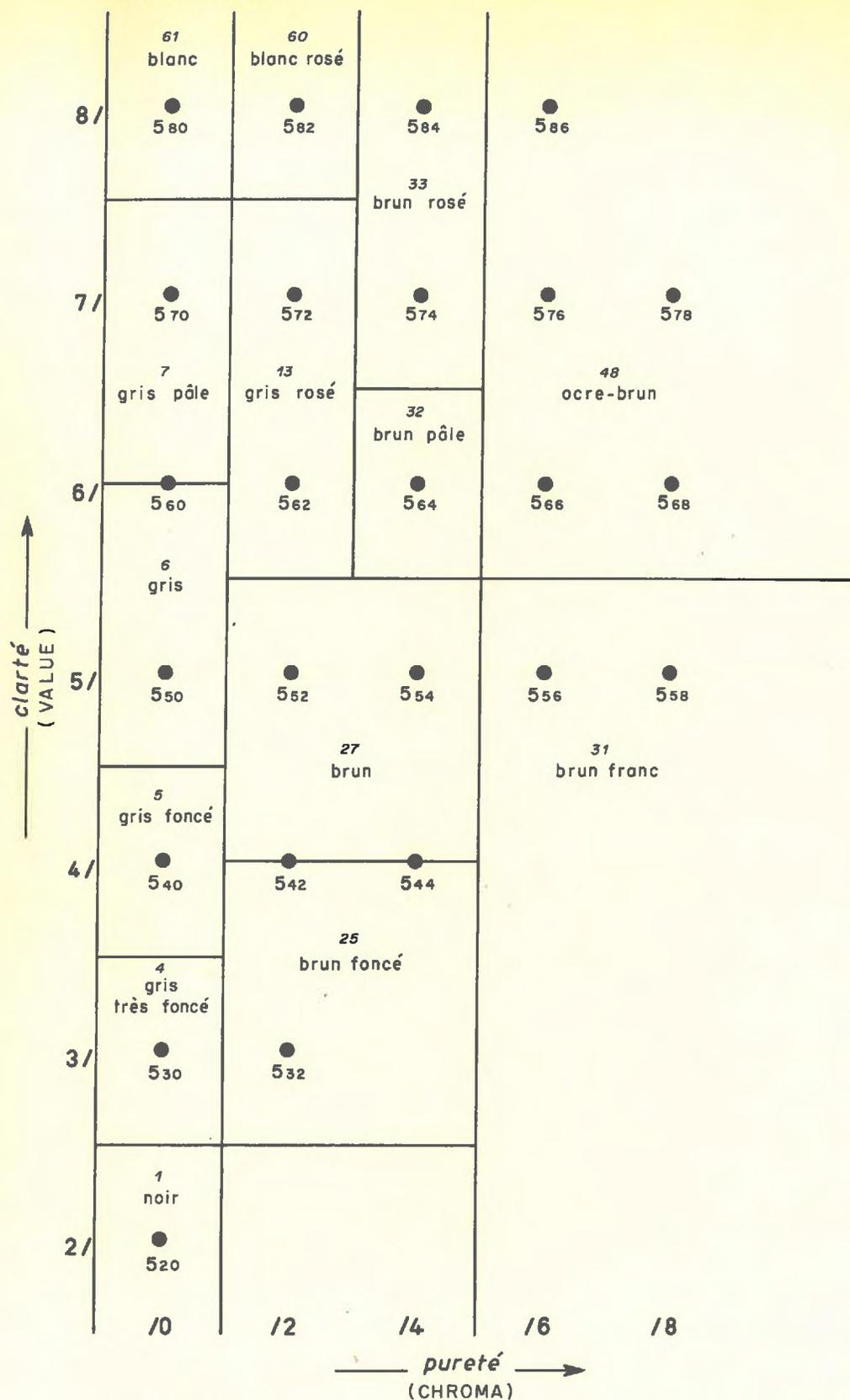


Fig.10d — Dénomination des couleurs en français (C. SYS et al. 1961).
Codification des nuances et des regroupements nominatifs de nuances (J.P.W.)

d'après MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1954

Longueur d'onde codée : 6

TEINTE (HUE 5YR)

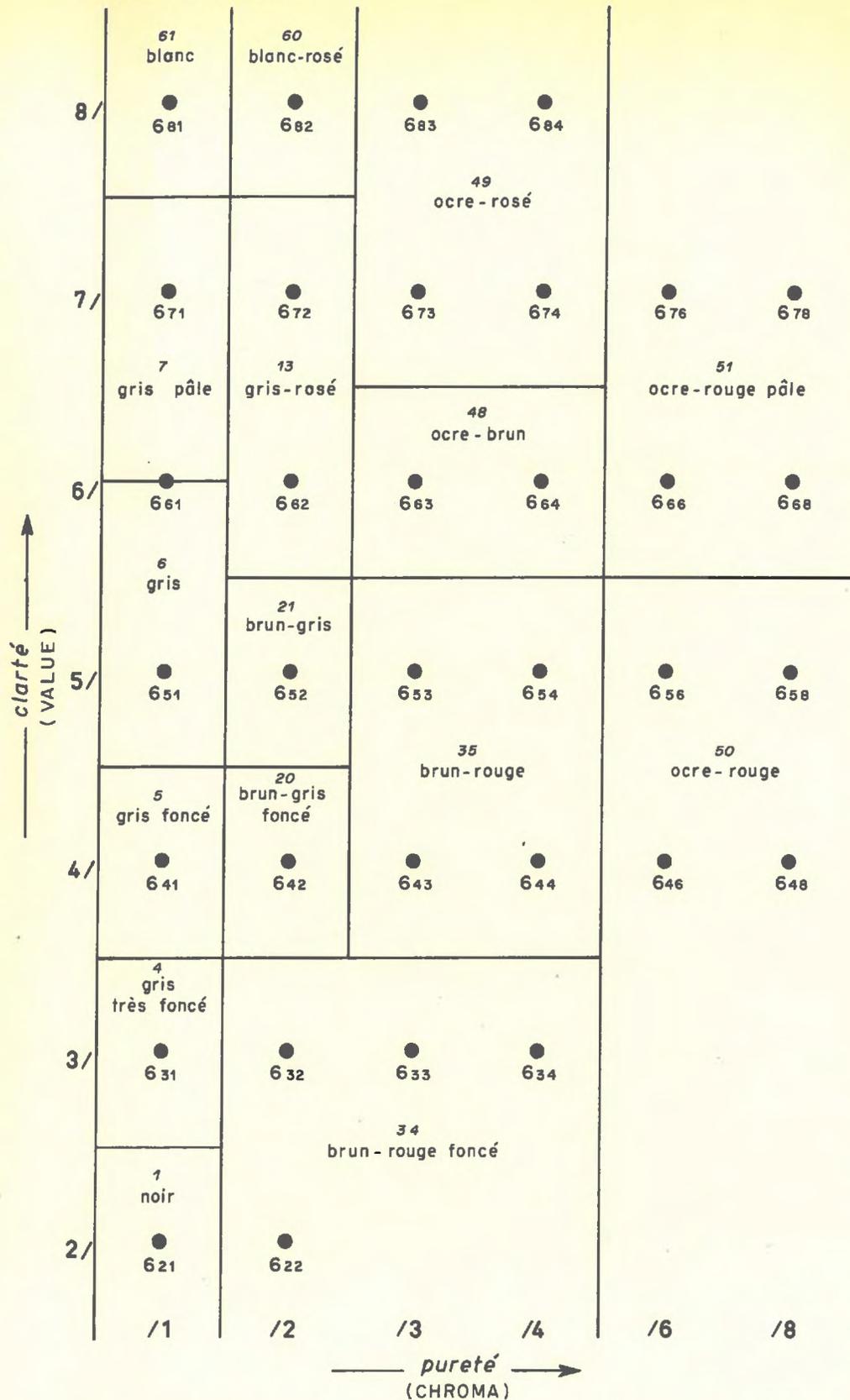


Fig.10e — Dénomination des couleurs en français (C. SYS et al. 1961).
Codification des nuances et des regroupements nominatifs de nuances (J.P.W.)

d'après MUNSSELL SOIL COLOR CHARTS 1954

Longueur d'onde codée : 8

TEINTE (HUE 10R)

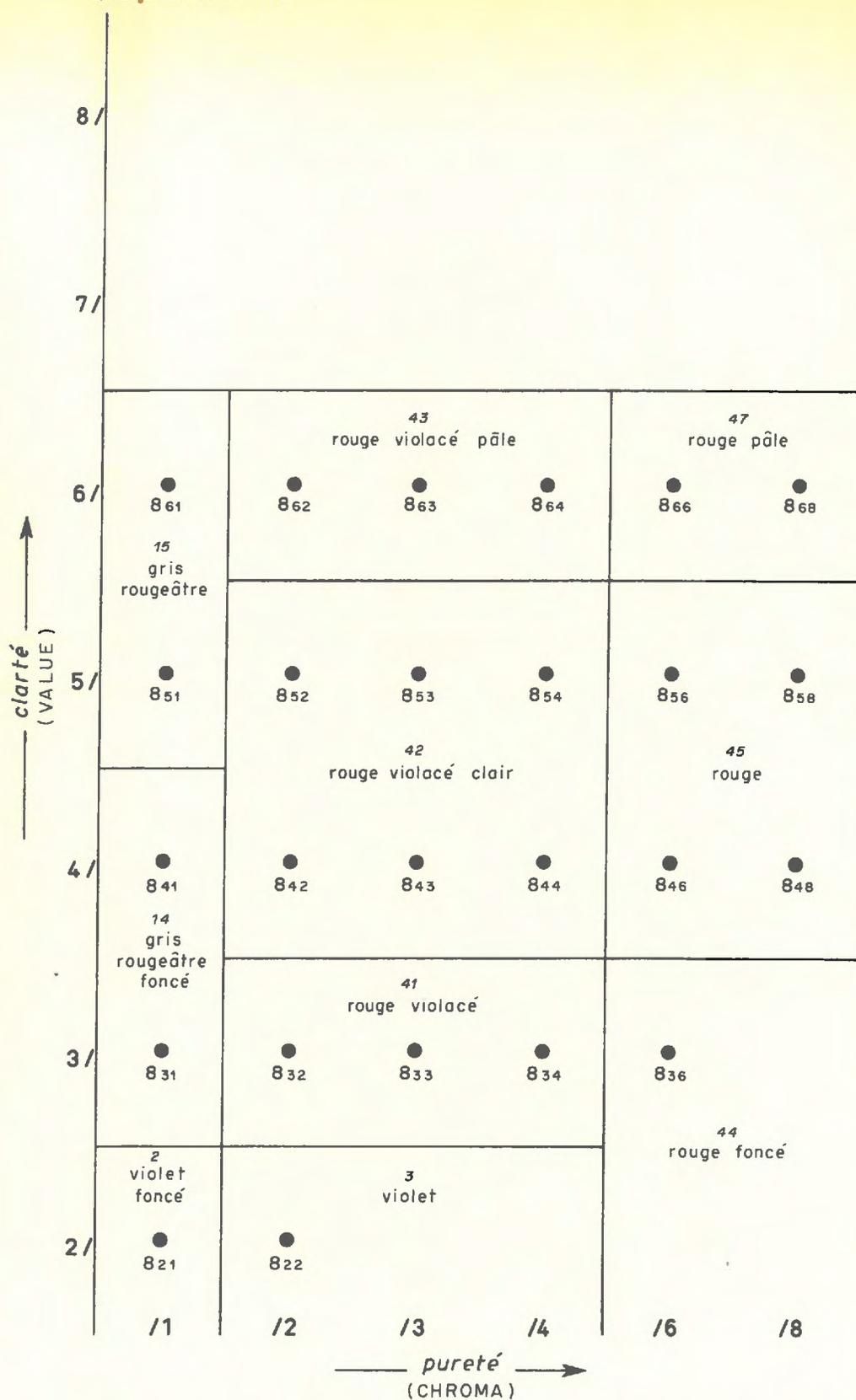


Fig. 10 g — Dénomination des couleurs en français (C. SYS et al. 1961).
Codification des nuances et des regroupements nominatifs de nuances (J.P.W.)

d'après MUNSELL SOIL COLOR CHARTS 1954