

**REPUBLIQUE UNIE
DU CAMEROUN**

**APTITUDES CULTURALES
DES SOLS DE L'OUEST - CAMEROUN**

**NOTION - ETABLISSEMENT ET
UTILISATION DES CARTES**



J. P. MÜLLER

APTITUDES CULTURALES
DES SOLS DE L'OUEST - CAMEROUN

Notion - Etablissement et
Utilisation des cartes

J.P. MULLER

1 9 7 4
Cote P. 199

APTITUDES CULTURALES
DES SOLS DE
L'OUEST - CAMEROUN

R E S U M E

Après un rappel des grands traits de la pédogenèse dans l'Ouest-Cameroun et un aperçu sur les influences agro-pédologiques des facteurs du milieu, considérés comme facteurs de pédogenèse, les éléments d'appréciation de l'aptitude culturelle des sols sont examinés : ils se répartissent en facteurs de fertilité (morphologiques et analytiques) et en facteurs de l'environnement exerçant une influence directe sur le profil cultural. L'accent est mis sur la difficulté qu'il y a d'établir un diagnostic objectif, la qualité intrinsèque des sols n'étant qu'une appréciation synthétique et relative. Il est souligné qu'une utilisation rationnelle des sols d'une région doit tenir compte du contexte socio-économique local. Quelques principes généraux d'amélioration et conservation des sols sont dégagés.

CULTURAL APTITUDES
OF FERRALLITIC SOILS
IN WEST CAMEROON

After a recall to major pedogenetic features in West Cameroon and an outline about the agro-pedological influence of the ecological factors, in so far as pedogenetic agents, is coming the survey of the estimation elements of the cultural aptitude of these soils : they are divided into fertility factors (morphological and analytical) and ecological which act directly upon the cultural profile. The difficulty about up an objective diagnosis is accentuated, the specific quality of the soils being considered only as a synthetical and relative estimation. An emphasis is laid on the fact that the local socio-economic context has to be taken into consideration for the rational utilization of the soils in a region. Some major principles on soils reclamation and conservation are made clear.

AVANT-PROPOS

Le pédologue, souvent fondamentaliste, qui établit des cartes de sols, se voit fréquemment confier la charge de compléter l'information pédologique sensu-stricto par des cartes d'aptitudes culturales à grande échelle généralement sans spécifications sur les spéculations envisagées. En outre il se trouve sollicité par divers organismes ou particuliers en quête de renseignements très précis sur la meilleure utilisation possible d'un sol X, situé sur un périmètre restreint Y, et pour une culture bien déterminée Z.

On note donc souvent une discordance entre le travail de base du pédologue, qui se situe à un degré de généralité élevé, et la précision des problèmes posés par les utilisateurs. Cet état de fait est lié non seulement à la méconnaissance, de la part de l'utilisateur, des limitations dans l'interprétation de l'information pédologique en termes généraux d'aptitudes culturales, mais aussi à l'absence d'étapes entre ce stade de l'interprétation des données pédologiques et le stade d'application pratique, maillon que pourraient constituer des essais agronomiques.

Ces faits nous ont incité à rédiger cette note, sorte de document de vulgarisation pédologique, qui se propose notamment d'initier l'utilisateur à la variété des facteurs à prendre en considération, de le mettre en garde contre une valeur souvent locale des classements établis, de le sensibiliser sur le caractère généralement empirique de ces derniers, tout en situant les problèmes agro-pédologiques dans un contexte écologique et socio-économique plus vaste.

Ce texte s'applique spécifiquement aux sols des régions volcaniques de l'Ouest-Cameroun, pour lesquels un certain nombre de cartes d'aptitudes culturales ont été établies. Il s'agit essentiellement de sols ferrallitiques.

P L A N

Avant-propos.

1. Introduction.
2. Rappel des grands traits de la pédogenèse dans l'Ouest-Cameroun.
 - 21 - Les sols ferrallitiques.
 - 22 - Les autres sols.
3. Aperçu sur les influences agro-pédologiques des facteurs du milieu en tant que facteurs de pédogenèse.
 - 31 - Le climat
 - 32 - La nature des matériaux originels
 - 33 - Le modelé et la topographie
 - 34 - Les facteurs biologiques : importance de l'occupation actuelle des terres
 - 35 - Le milieu humain.
4. Les éléments d'appréciation de l'aptitude culturale des sols - Facteurs conditionnant leur utilisation.
 - 41 - Les facteurs de la fertilité des sols
 - 411 Caractères morphologiques
 - 412 Caractères analytiques
 - 42 - Qualité intrinsèque des sols : Une appréciation synthétique et relative
 - 421 Difficulté d'un diagnostic exhaustif
 - 422 Hiérarchie des facteurs dans l'évaluation de la qualité
 - 43 - Les facteurs de l'environnement
 - 431 L'érosion
 - 432 Le modelé
 - 433 La végétation
 - 434 L'homme

44 - Principes généraux de l'utilisation des sols et contexte socio-économique

45 - Les différentes classes d'aptitudes culturales.

5. Amélioration et conservation des sols - Quelques principes généraux.

51 - Rôle de la pente

52 - Conservation des terres de protection

53 - Conservation des terres culturales.

6. Conclusions générales.

Bibliographie.

1. INTRODUCTION

La majorité des sols tropicaux (ferrallitiques notamment) présentent un faible niveau de fertilité naturelle. Il en résulte des rendements généralement bas et une production agricole insuffisante. Cette dernière, se trouve accentuée dans la région par la généralisation d'un système de jachère à efficacité incertaine, la monoculture, l'absence de rotation, la nette séparation de l'élevage et de l'agriculture.... Ajoutons à cela une forte densité de population qui rendra crucial le problème de l'utilisation des terres à plus ou moins brève échéance.

Un programme régional de mise en valeur agricole visant à une meilleure utilisation des terres et à une élévation de leur potentiel de fertilité, doit commencer par un recensement et une identification des différents sols et de leurs caractéristiques - c'est le but de l'étude et de la cartographie pédologiques - et par une évaluation de leur niveau de fertilité relatif - c'est l'objet des commentaires relatifs à l'aptitude culturale des sols et de la carte des aptitudes culturales qui les illustre. Une troisième carte, celle de l'utilisation actuelle des terres, localise parfois les zones exploitées ou inexploitées et les différents modes d'utilisation. Elle doit guider l'agronome et le planificateur dans le choix de leurs interventions.

Mais si la cartographie pédologique utilise des normes consacrés par l'usage et pour la plupart mentionnées dans la classification des sols, l'établissement d'une carte et la définition des classes d'aptitudes culturales font intervenir un certain nombre de facteurs, souvent non exclusifs donc difficilement comparables. **L'influence de ces derniers sur le développement des végétaux** est souvent appréciée de façon relative. Le classement adopté prend généralement comme base celui défini par G. AUBERT et F. FOURNIER (1954), mais un nombre de modifications tenant compte des conditions particulières lui sont souvent apportées. Nous insistons sur la valeur généralement locale des classements établis qui ne doivent

Être interprétés qu'en tant que résultats d'une appréciation synthétique et relative des aptitudes culturales des sols avec tout ce que cela comporte de subjectivité. Cette appréciation tient généralement aussi bien compte de la qualité intrinsèque des sols (évaluée) que des facteurs limitants de l'environnement du sol (pentes notamment). Pour ces derniers une carte précise des classes de pentes peut être établie.

Rappelons que la qualité des sols ou leur fertilité est un de leurs caractères les plus complexes et qu'elle intègre un grand nombre de facteurs dont les effets ne s'ajoutent pas mais se combinent et s'interpénètrent (COLLOQUE sur la fertilité des sols tropicaux - 1967). On peut regrouper ces facteurs en deux catégories :

- Facteurs définissant le mode et l'intensité de l'évolution pédologique à partir d'un certain matériau originel.
- Caractéristiques morphologiques, physiques, physico-chimiques, hydro-dynamiques conditionnant l'alimentation et le développement de la plante.

La fertilité peut aussi se décomposer en fertilité actuelle et fertilité potentielle.

Certains facteurs de fertilité ne sont pas modifiables ou sont difficiles à modifier sans aménagement nécessitant des investissements importants : pluviométrie et pluviosité, pentes, profondeur du sol, texture.... D'autres au contraire peuvent être corrigés : richesse chimique, propriétés physiques notamment. Le pédologue précise ces données et indique leur répartition géographique, l'agronome veillera à une meilleure utilisation de chacune d'elles, à la préservation des facteurs non corrigibles (conservation du sol surtout) et à l'amélioration des facteurs facilement modifiables (fertilisation notamment).

Il faut donc concevoir les classes d'aptitudes culturales comme un ordre de priorité que le pédologue accorderait à l'utilisation de certains sols et à l'intensification de quelques cultures

sur les meilleurs d'entre eux. Ce peut être aussi un ordre de rentabilité décroissante et dans une certaine mesure d'attention croissante à apporter à la conservation des sols.

Mais ces choix ne préjugent pas d'autres facteurs tels que les facteurs agronomiques, physiques, économiques, humains ou autres impératifs de l'aménagement tels que la répartition des terres réservées à la culture et de celles destinées à l'élevage, qui obéit à des causes complexes.

2. RAPPEL DES GRANDS TRAITES DE LA PEDOGENESE
DANS L'OUEST-CAMEROUN.

Les régions situées à l'Ouest du domaine ferrallitique équatorial sont caractérisées par un modèle de plateaux et massifs montagneux d'altitude dépassant fréquemment 1.000 m, une géologie où les roches volcaniques acides ou basiques sont largement représentées, un climat dont les régimes pluviométriques sont caractéristiques d'un type de mousson montagnard et "sub-montagnard" et dont les températures moyennes se situent à un niveau plus bas que celles du domaine sud équatorial (20°2 à BAFOUSSAM, 19° à BAMEUDA contre 26°4 à DOUALA et 23°5 à YAOUNDE). Ces facteurs concourent à donner à la région des paysages pédologiques originaux où quatre classes de sols sont représentées, la ferrallitisation restant le processus largement dominant.

21 - LES SOLS FERRALLITIQUES.

211 La ferrallitisation (AUBERT - SEGALEN 1966), processus dominant, s'explique notamment par l'abondance des précipitations, leur répartition, la température moyenne relativement élevée pour une zone montagneuse. L'altération ferrallitique profonde dans cette région volcanique d'altitude se différencie assez peu de celle d'autres zones du domaine équatorial, sur roches-mères identiques. Tous les cations alcalins et alcalino-terreux se trouvent éliminés ainsi qu'une grande partie de la silice. Les produits de néosynthèse dominants sont la kaolinite, la gibbsite et la goethite, mais une quantité appréciable d'autres produits tels que des composés amorphes peuvent exister. Cette altération peut épargner certains minéraux réputés peu ou non altérables tels que la muscovite ou le quartz qui subissent néanmoins une fragmentation.

Les sols ferrallitiques présentent généralement des profils de type A B C comprenant :

- Un horizon A dans lequel la matière organique est bien évoluée;

- Un horizon B généralement épais dans lequel les minéraux primaires, autres que le quartz sont rares, et les minéraux secondaires cités plus haut sont essentiels;

- Un horizon C d'épaisseur variable (quelques centimètres à plusieurs mètres) dont la nature dépend de la roche-mère. Cet horizon est caractérisé par des minéraux (autres que quartz et ceux mentionnés ci-dessus) profondément altérés et s'écrasant sous la pression des doigts.

En outre, l'abondance des précipitations, liée à une température élevée des pluies, détermine certaines caractéristiques physico-chimiques :

- Une capacité d'échange faible, qu'elle soit mesurée sur l'argile ou le sol total, en raison des constituants kaoliniques et sesquioxydiques;

- Une quantité faible de bases échangeables;

- Un degré de saturation variable mais généralement faible;

- Un pH acide.

Le processus de ferrallitisation, climatique, est certes le processus fondamental. Mais d'autres processus pédogénétiques, non spécifiques, non exclusifs, appelés aussi secondaires, peuvent prendre une importance prépondérante en influant sur le degré d'évolution, et en modifiant parfois fondamentalement la morphologie du profil ferrallitique type. L'organisation morphologique du sol ne résulte plus uniquement alors des conditions physico-chimiques d'altération. Il en est ainsi de l'accumulation humifère, du rajouissement, du remaniement, de l'appauvrissement ou de l'hydromorphie.

212 L'accumulation humifère est favorisée sur roches volcaniques basiques dans cette zone montagneuse pluvieuse et fraîche. Des taux de matière organique supérieurs à 10 % sur 20 cm ou à 1 % sur 1 m de profondeur sont fréquents en zones écologiquement non perturbées par l'action de l'homme.

Il en résulte une coloration brun foncé de l'horizon A de certains sols et une meilleure structuration : La structure est généralement grumeleuse fine à agrégats friables.

213 Le rajeunissement :

Le modelé, accidenté dans son ensemble, notamment sur le massif trachytique, (Monts Bamboutos) favorise, pérennise et accélère l'érosion superficielle et oriente l'évolution des sols dans le sens d'un rajeunissement. Il en résulte des profils peu épais présentant des volumes de roche altérée à divers degrés, proches de la surface. Ces fragments plus résistants et les horizons C (architecture de la roche conservée) ainsi soumis aux variations saisonnières de l'humidité ne sont plus en conditions optimum d'altération, cette dernière se trouvant considérablement ralentie. D'autre part les différences de vitesses d'altération, résultant de l'hétérogénéité ou de discontinuités de la roche, ou d'une micro-variation de la dynamique de l'eau se trouvent exacerbées. Les transitions entre le solum et les horizons C, loin d'être régulières et grossièrement parallèles à la surface, ou ondulées, sont irrégulières et présentent de profondes invaginations. La difficulté de choisir des profils types et de les décrire suivant le paramètre profondeur en est une conséquence pratique.

On pourrait penser aussi que le temps d'évolution n'a pas été suffisant pour permettre le développement complet de certains profils. Cette thèse pourrait être étayée par le fait que de nombreux sols "rajeunis" ont un horizon humifère épais et qu'il est difficile dans ce cas de n'envisager qu'un rajeunissement par troncature qui aurait théoriquement pour premier effet une ablation des horizons humifères. En fait nous n'avons aucune idée de l'équilibre dynamique de tels sols, problème que seule une étude géomorphologique sur l'équilibre des versants pourrait élucider. Quelles sont les vitesses relatives, d'entraînement des horizons supérieurs par l'érosion en nappe, de régénération du stock de matière organique après cet éventuel entraînement, et de transformation des horizons d'altération en matériau pédologique évolué ?

Cette troncature des profils s'accompagne d'une redistribution des matériaux entraînés de proche en proche vers le bas de

penne. Les sols de piedmont et des vallées, enrichis en terre fine humifère, sont plus ou moins colluvionnés. Le rajeunissement se fait donc par érosion et avec remaniement.

Ces sols ont souvent, dans l'horizon BC ou C des teneurs en cations totaux (attaque triacide ou à l'acide nitrique concentré à chaud pendant 5 heures), et échangeables, à peine supérieures à celles des sols typiques voisins. Il s'agit alors de rajeunissement morphologique. Parfois ce dernier s'accompagne d'un rajeunissement chimique. Les teneurs en cations totaux et échangeables sont alors plus élevées que dans les sols rajeunis voisins. De même l'augmentation du taux de saturation peut être telle que ces sols deviennent moyennement ou faiblement désaturés dans une zone où dominant largement des sols fortement désaturés.

Remarque : Certains sols, situés en bordure de zones volcaniques, présentent dans leur profil des cailloux ou graviers de roches volcaniques, durs, arrondis, très peu altérés, peut-être en partie projetés lors d'éruptions. Si l'on accorde un sens large au terme rajeunissement, on pourrait alors parler de rajeunissement par apport, dans la mesure où l'évolution de ces fragments de roche est retardée par rapport à celle de l'ensemble du profil, et dans la mesure où ils sont une réserve chimique potentielle capable d'apporter au sol des éléments (peut-être) susceptibles de modifier son évolution dans le sens d'un rajeunissement chimique. Actuellement ces fragments de roche non altérée se comportent comme des éléments grossiers inertes.

214 Le remaniement.

La partie supérieure d'un certain nombre de sols ne semble pas en place, ce qui se traduit par la présence d'une "stone-line" ayant les caractéristiques principales suivantes (SEGALEN 1967) :

- Fragments de matériaux peu altérables (quartz), non altérés ou rendus peu altérables (débris de roches ferruginisés), de taille variable, avec prédominance de graviers et cailloux, généralement sub-anguleux à sub-arrondis.

- La répartition verticale fait apparaître 3 niveaux non concordants avec les éléments du profil. Le niveau supérieur constitué d'un matériau meuble et le niveau moyen caillouteux ou graveleux seraient les parties remaniées. Elles reposent sur le niveau inférieur, base de B, ou zone d'altération C reconnue en place par sa concordance avec le matériau originel.

- La stone-line, régulière ou festonnée, s'adapte au relief en épousant assez étroitement la topographie actuelle.

Nombreuses sont les explications proposées pour rendre compte de la mise en place d'une stone-line. La nature pédogénétique du phénomène est parfois contestée. Nous n'entrerons pas dans le détail de ces problèmes de genèse; nous nous contenterons de relater un fait morphologique.

SEGALEN rappelle que la "stone-line" n'est actuellement ni signalée dans les sols des régions ayant subi des orogénèses récentes, ni décrite dans des sols dérivés de roches volcaniques, et qu'elle n'existe pas dans les zones à très fortes pentes des régions anciennement aplanies.

Dans la zone étudiée, nombreux sont les sols qui, indépendamment ou non du rajeunissement par érosion ou par apport, présentent un horizon grossier graveleux ou caillouteux, dont les caractéristiques correspondent à celles définissant la stone-line. Cet horizon grossier a une position variable dans le profil. Il est souvent épais mais peut avoir une épaisseur variable. Les éléments grossiers plus ou moins abondants, ont une distribution souvent hétérogène et proviennent fréquemment de la roche-mère sous-jacente ou de formations voisines. Mais ils sont souvent mélangés à des éléments arrondis projetés lors d'éruptions volcaniques (cf. rajeunissement par apport). Certes, si une telle disposition morphologique peut, dans certains cas, être expliquée par un processus de remaniement, nombreux sont les profils pour lesquels il est difficile d'imaginer, en raison de leur position topographique par exemple, un tel bouleversement des matériaux avec un réarrangement final différent.

Il est souvent plus simple de concevoir un entraînement par érosion des parties fines, rapprochant de la surface les éléments grossiers résistants à l'altération: par le jeu des remontées biologiques fournissant aux agents érosifs les éléments fins en-

trainables, ces éléments grossiers se concentrent en se maintenant à proximité de la surface. Ou bien deux phases ont pu se succéder :

Erosion active concentrant les éléments grossiers en surface suivie d'une remontée biologique enterrant le niveau grossier ainsi formé. Il faudrait en fait, comme dans le cas du processus de rajeunissement, connaître l'équilibre dynamique existant entre l'érosion, la vitesse d'altération et l'activité biologique.

Nous retiendrons en résumé :

- que le remaniement n'a généralement été considéré que comme l'expression d'un fait morphologique à savoir la présence d'un horizon grossier mis en place indépendamment ou non du rajeunissement;

- que cette terminologie pourrait effectivement traduire un véritable remaniement pour certains sols/^{mais}qu'il est certainement impropre de l'employer pour d'autres sols;

- que dans la mesure où l'érosion et les remontées biologiques modifient, même très faiblement, l'agencement des éléments texturaux, on peut considérer qu'un remaniement a lieu, mais à une autre échelle.

215 Sols rouges "typiques" à "pseudo-particules".

La plupart des sols ferrallitiques très évolués de la région, développés sur roches riches en éléments ferro-magnésiens et notamment sur roches volcaniques basiques (basalte par exemple), ont la particularité de présenter dans tout ou partie de leur profil des "pseudo-particules".

D'un point de vue pédogénétique, celles-ci doivent être considérées comme des éléments structuraux étant en effet constituées d'une agglomération de particules argileuses (au sens granulométrique du terme) cimentées par des oxydes de fer. Ces particules de taille variable sont bien représentées dans toutes les fractions de l'analyse mécanique, et sont en particulier perceptibles sur le terrain dans la fraction sable (pseudo-sables). De ce fait elles sont souvent considérées comme des éléments texturaux donnant aux sols un comportement plus sableux que celui déduit des résultats de l'analyse mécanique.

En fait l'étude de la genèse de ces pseudo-particules n'est pas très avancée et les résultats obtenus, ne sont représentatifs que dans quelques profils étudiés, et restent du domaine de l'hypothèse. Vis à vis de l'érosion, ces pseudo-particules semblent se comporter comme des sables vrais : Elles résistent notamment à l'énergie cinétique des gouttes d'eau. Ce comportement pourrait expliquer l'équilibre de certains interfluves, à priori incompatible avec un taux très élevé d'argile de l'ordre de 70 - 80 %, taux obtenu après traitement de déferrification. L'absence de pseudo-particules en zones de bas-fond témoigne de leur désagrégation en milieu hydromorphe donc réducteur. Ces observations sembleraient démontrer que du point de vue du comportement du sol et de ses propriétés agronomiques, cette texture apparente est la vraie texture, à cette nuance près que ces pseudo-sables participent à la dynamique de l'eau et au chimisme du profil.

D'après quelques données de terrain il existerait une répartition différente par taille, densité et cohésion en fonction de la profondeur.

Une des particularités des sols à pseudo-sables de la région est de donner des couleurs de poudre (après écrasement des pseudo-sables par pression des doigts) différentes de 1 à 2 planches en humide et à sec : souvent 10 R en humide, 2,5 ou 5 YR à sec.

Une conséquence pratique des données précédentes est la variabilité, à l'analyse mécanique, des résultats obtenus entre les différents échantillons d'un même profil pour une même analyse et entre les répétitions effectuées sur un même échantillon. Cette inconstance est liée aux conditions de traitement et à la plus ou moins grande dispersabilité des pseudo-particules. Après déferrification, des taux d'argile de 60 à 80 % sont couramment obtenus. Mais nous manquons de données nous permettant d'interpréter correctement ces résultats et d'en déduire certaines conséquences agronomiques.

Les horizons rouges contiennent en outre des noyaux argileux denses, de taille variable, et plus secs que la matrice à "pseudo-particules" emballante.

Une structure de type polyédrique moyenne se superpose généralement à la micro-structuration "pseudo-particulaire".

Les propriétés physiques et hydriques de ces sols sont bonnes mais la pauvreté en cations leur confère de médiocres qualités chimiques.

216 L'appauvrissement.

L'altération de certaines roches fournit un matériau très filtrant favorable à une élimination d'argile dans les horizons de surface sans que l'on observe un enrichissement concomitant et macromorphologiquement visible de l'horizon B

217 L'hydromorphie.

Les régions planes ou déprimées, au drainage externe déficient sont marquées par des phénomènes d'hydromorphie temporaire, ou permanente. Dans les horizons affectés par ces processus, l'hydrolyse des minéraux est parfois ralentie sinon bloquée, le fer est réduit donc rendu mobile. Si l'engorgement est temporaire, à la faveur d'une aération, le fer se réoxyde en se concentrant en taches rougeâtres dans un horizon bariolé. Dans le cas d'un engorgement permanent, l'état de réduction est pratiquement constant et les horizons concernés prennent une teinte gris-verdâtre.

La plupart des sols de cette région sont rouges, les pentes fortes favorisent un bon drainage externe et un pédo-climat plus sec interdisant le phénomène de marmorisation avec jaunissement. L'hydromorphie n'apparaît parfois que très localement au niveau de légers replats au drainage externe déficient. On observe peu de nodules ferrugineux arrondis durs, à pâte argileuse dense. Les éléments ferruginisés sont essentiellement des fragments de roche.

22. LES AUTRES SOLS.

221 Les sols bruns.

L'identification des andosols est récente. Les auteurs les confondent généralement avec les sols bruns eutrophes tropicaux.

Ces sols sont essentiellement rencontrés sur des coulées basaltiques récentes. D'extension restreinte ils sont souvent associés aux sols ferrallitiques dits "rajeunis" ou "pénévolués".

Leur morphologie de type A B C est marquée par une couleur d'ensemble brune à brun-rouge, une texture que distingue une fraction limoneuse assez bien représentée, la présence de fragments de roche en cours d'altération à faible profondeur, une structure très bien exprimée de type grumeleuse dans les horizons A à polyédrique sub-anguleuse dans les horizons B, une porosité élevée, un enracinement dense.

Les propriétés physiques et hydriques de ces sols sont généralement excellentes. Les fortes teneurs en cations échangeables et totaux, leur capacité d'échange élevée, leur pH proche de la neutralité, leurs teneurs en matière organique et phosphore leur confèrent de bonnes propriétés chimiques.

222 Les sols minéraux bruts et peu évolués.

Les affleurements de roche nue et dure situés sur pentes fortes sont classés en sols minéraux bruts d'origine non climatique, d'érosion, lithiques, (par opposition à régosolique qui s'applique aux roches meubles pénétrables par les racines).

Les profils peu épais dans lesquels un horizon humifère surmonte la roche dure (profils AR) ou un horizon meuble d'altération (profils AC) caractérisent les sols peu évolués. Généralement d'origine non climatique, d'érosion, lithique ou régosoliques, ces sols présentent fréquemment des caractères de rankers, sols peu évolués humifères de climat humide et frais.

223 Les sols hydromorphes.

Ils sont surtout représentés dans quelques plaines alluviales telles que celles de NDOP ou la plaine des MBOS.

Ces sols partiellement ou totalement engorgés la majeure partie de l'année sont de plusieurs types :

- Les sols hydromorphes organiques sont définis par une matière organique abondante de type tourbe (30 % sur au moins 40 CM si la matière minérale est argileuse, plus de 20 % si la matière minérale est sableuse) et une hydromorphie totale et permanente

entraînant des conditions d'anaérobiose. Les sols reconnus paraissent surtout oligotrophes (milieu pauvre en bases - pH 5,5).

- Les sols hydromorphes moyennement organiques : La matière organique évoluée est généralement de type ammor (C/N < 20). L'hydromorphie est totale mais temporaire en surface. Les sols de cette sous-classe sont en majorité des sols humiques à gley (profil AG) à ammor acide sur alluvions ou colluvions.

- Les sols hydromorphes minéraux ou peu humifères possèdent moins de 8 % de matière organique sur une profondeur de 20 cm ou plus de 8 % de matière organique sur une profondeur faible et l'hydromorphie est exprimée par des caractères de couleur (taches) ou par la redistribution d'éléments solubilisables en milieu réduit (essentiellement oxydes de fer). Qu'ils soient peu humifères à gley ou pseudo-gley ces sols sont moins largement représentés que les précédents où les facteurs de pédogenèse concourent plutôt à une forte accumulation humifère dans ces vallées d'altitude (climat et colluvionnement).

3. APERÇU SUR LES INFLUENCES AGRO-PÉDOLOGIQUES DES
FACTEURS DU MILIEU EN TEMPS QUE FACTEURS
DE PÉDOGÈNESE

31 - LE CLIMAT.

311 Généralités.

Bien que très variés, les éléments du climat soulignent une certaine agressivité de ce dernier, impliquent une altération de type ferrallitique, un entraînement intense des éléments solubles et une possibilité d'entraînement des colloïdes si d'autres conditions nécessaires se trouvent réunies.

Si une certaine fraîcheur du climat peut provoquer un ralentissement de l'évolution des sols, l'importance du drainage en rapport avec une forte pluviométrie, une humidité relative élevée et une évaporation modérée, ainsi que l'échelonnement des pluies sur près de 10 mois stimulent au contraire cette évolution. De ces 2 catégories de facteurs antagonistes la seconde l'emporte du point de vue de l'altération, les conditions climatiques restant dans leur ensemble "ferrallitiques" malgré les variations locales constatées.

Cependant ces variations locales peuvent influencer largement sur le développement de processus pédogénétiques secondaires de la ferrallitisation :

- Bien que l'on n'ait pas pu déterminer de loi de répartition précise il ne fait aucun doute que l'accumulation humifère est lié à la fraîcheur relative du climat.

- Les caractéristiques climatiques expliquent la forte désaturation du complexe absorbant de la majorité des sols ferrallitiques. Mais certains sols de piedmont ou quelques sols rajeunis, sont moyennement et même parfois faiblement désaturés. L'action désaturante du climat peut donc être contrariée par des conditions particulières de roche-mère et de topographie.

Notons enfin que la pédogenèse de plusieurs sols s'apparenterait plus à celle de sols bruns eutrophes tropicaux et que J.L. DHOORE (1964) situe géographiquement cette région en position excentrique par rapport au domaine ferrallitique.

D'autres facteurs de pédogenèse tels que la topographie ou la couverture du sol peuvent modifier notamment l'action des agents climatiques sur l'évolution des sols, et notamment accentuer ou contrarier les effets de l'érosion responsable du "rajeunissement des sols".

312 Action directe sur la plante.

BRUNT & HAWKINS ont mis en évidence une zonalité climatique responsable d'une zonalité de la végétation naturelle (cf. chapitre correspondant). De même les conditions climatiques locales sont propices à certaines cultures mais défavorables à d'autres. Ainsi au niveau d'une planification les obstacles climatiques sont presque les plus difficiles à surmonter, et s'il n'existe pas à proprement parler de vocation des sols (voir chapitre sur les aptitudes culturales), les données climatiques définissent par contre une vocation non plus à l'échelle de l'unité de sol mais de la région climatique.

313 Action indirecte.

Elle s'effectue par l'intermédiaire du sol. L'influence des diverses variables climatiques n'est pas la même d'un type de sol à l'autre. Ainsi :

- Un sol où l'abondance du plasma permet une forte capacité de rétention pour l'eau sera moins sensible à la répartition des pluies ou à l'évaporation qu'un sol à squelette prépondérant.

- L'intensité des pluies, facteur important de l'érosion, jouera un rôle d'autant plus tangible que la stabilité structurale des horizons superficiels est plus faible mais aussi que les pentes sont plus fortes ou que le couvert végétal est plus clairsemé...

Notons, comme le souligne la remarque précédente qu'une étroite interdépendance existe entre les effets du climat et le rôle des autres facteurs tels que la végétation ou la topographie.

Rappelons enfin que le pédo-climat est un reflet du climat atmosphérique dont les variations sont amorties par les conditions du sol telles que :

- . La perméabilité,
- . La texture : la présence de pseudo-particules favorise en particulier les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère, le drainage interne ...
- . Le type d'argile...

32 - NATURE DES MATERIAUX ORIGINELS.

321 Actions indirectes.

En influant sur la forme du relief soit directement par l'orogénèse soit indirectement par la vitesse globale d'altération, la nature de la roche-mère joue un rôle déterminant dans le double jeu de l'érosion et de la vitesse d'altération, qui conditionnent un certain nombre des caractéristiques des sols et en particulier leur épaisseur (cf. rajeunissement). Ainsi :

. La tectonique tertiaire et le volcanisme ont érigé des reliefs très accidentés à partir de laves trachytiques peu fluides. Ces reliefs portent des sols peu épais.

. Les épanchements basaltiques fluides ont induit des interfluves larges, formant de véritables plateaux qui portent des sols épais.

. Le socle présente une succession de collines, qu'enserme un réseau hydrographique à maille géométrique assez régulière, portant des sols d'épaisseur moyenne.

- L'extrême hétérogénéité de chaque groupe de roches-mères caractérisant cette zone explique la difficulté que l'on a à fournir un seul orthotype par unité pédologique. La pédogénèse n'a pas par ailleurs, et comme dans d'autres régions, atténué des différenciations entretenues par la jeunesse des formes du relief.

322 : Actions directes.

Ces actions sont variées. La roche-mère intervient sur :

- La vitesse d'altération, et l'épaisseur des profils :

. Par sa composition minéralogique : les roches très riches en minéraux ferro-magnésiens comme le basalte s'altèrent plus vite que les roches riches en éléments blancs comme certains trachytes, toutes conditions égales par ailleurs. Certains granites (alcalins à 2 micas) fournissent à l'altération des minéraux réputés peu altérables (quartz et muscovite) qui entravent l'approfondissement du sol tandis que l'abondance de la biotite dans des granites monzonitiques favorise une altération profonde.

. Par sa texture : la texture gneissique des embréchites semble freiner leur altération dans la mesure où les lits sont dispersés sub-horizontalement. La structure grenue normale n'entrave pas a priori la circulation verticale de l'eau entre les grains.

. Par sa structure : certains horizons B des sols rajeunis présentent des restes de minéraux, très friables qui sont les noyaux de phénocristaux que l'altération n'a pas entièrement résorbés - exemple : feldspaths dans les sols sur gneiss - embréchites.

. Par son architecture d'ensemble : l'altération en boules de certains granites matérialise l'existence de zones homogènes moins accessibles à l'altération. Ainsi certains sols rajeunis sur granite présentent-ils des blocs de roche à structure conservée dans leur profil. La structure en prismes de certains basaltes, favorisant un écoulement préférentiel de l'eau, ralentit l'altération de ces prismes qui subsistent, faiblement altérés, dans certains sols rajeunis.

- La nature des horizons d'altération, et en particulier sur leur composition minéralogique, leurs caractères structuraux et la distribution générale des couleurs liés aux conditions hydriques. Mais ces variables ne semblent influencer sur l'aptitude culturale des sols que dans la mesure où les horizons d'altération, continus ou discontinus, sont proches de la surface (sols rajeunis).

- La couleur des sols : les sols les plus rouges (10 R) et riches en "pseudo-particules" sont observés sur roches riches en éléments ferro-magnésiens (basalte, trachyte, andésite); les plus jaunes (7,5 YR) sur granites pauvres en éléments noirs. Les sols sur granites calco-alcalins et certains trachytes présentent des couleurs intermédiaires. La teinte jaune de certains sols sur granite peut être attribuée à une relative pauvreté de la roche-mère en silicates ferro-magnésiens, mais aussi à une possible hydromorphie liée à la structure homogène de quelques roches ou/et consécutive à une accumulation, ou être liée à un lessivage générateur de formes cristallines nouvelles (goethite).

- La texture des sols : l'abondance des grains de quartz dans la roche détermine celle des sables quartzeux dans les sols. Ne contenant pratiquement pas de quartz les basaltes donnent des sols très argileux (texture déterminée après traitement de déferrification - cf.précédemment). La taille et l'abondance des grains de quartz dans certains granites explique l'abondance de sable quartzeux dans la terre fine et un refus important constitué de graviers quartzeux (2 à 5mm). Le mode d'alluvionnement et la texture des matériaux transportés détermine la texture d'ensemble limoneuse des sols sur alluvions et les discontinuités granulométriques qui les caractérisent. L'appauvrissement en argile est lié à une certaine texture grossière des sols.

- La structure des horizons :

Les structures "farineuse", "poudreuse" de certains horizons B argileux contenant d'abondantes pseudo-particules ne se rencontrent que dans des sols développés sur roches riches en éléments ferro-magnésiens : basalte surtout, et dans une certaine mesure granites et trachytes.

- La nature des éléments grossiers :

La présence de fragments de roche ferruginisés, dans le solum de certains sols sur trachytes notamment, s'explique par la pré-existence de niveaux fortement ferruginisés dans la roche-mère.

Signalons l'abondance de bombes volcaniques, de natures diverses, à dominante trachytique, observées dans les sols avoisinant les appareils volcaniques.

- La richesse en éléments chimiques : les sols rajeunis sur basalte ou certains granites riches en éléments calco-magnésiens ont un taux de bases totales relativement élevé.

33 - LE MODELE ET LA TOPOGRAPHIE.

Leurs influences sont complexes et peuvent être directes ou indirectes. Nous ne citerons que les faits qui, observés sur le terrain, nous semblent importants.

331 Influence indirecte.

- Le modelé commande et facilite l'action de la nappe phréatique et les phénomènes d'engorgement dans les vallées larges, mais aussi plus localement, à la faveur de replats au drainage externe déficient, une hydromorphie temporaire sur un relief accidenté. Rappelons simplement les phénomènes pédogénétiques liés à cette hydromorphie : réduction du fer et du manganèse, imbibition, accumulation de la matière organique ou modification des formes de ses constituants (peu polymérisés) **arrêt, ralentissement ou accélération des phénomènes d'hydrolyse suivant le cas, destruction des agrégats, transformation de la structure.**

- Chaque unité paysagique sert de support à une ou des unités pédologiques organisées, accollement régulier de types de sols (toposéquences), ou unités dynamiques avec une liaison génétique entre les sols (chaînes de sols).

- L'exposition, en jouant sur les types d'associations végétales, influence indirectement la dynamique de l'eau des sols (cf. chapitre sur la végétation).

332 Influence directe.

- Sur le pédo-climat : une partie de l'eau arrivant au sol s'évapore, une autre ruisselle, une dernière s'infiltré. L'abondance des pentes fortes peut être à l'origine d'un pédo-climat relativement sec pour cette zone pluvieuse, l'eau de pluie pouvant être en grande partie évacuée par ruissellement. Cette relative sécheresse est un facteur de ralentissement de l'altération des éléments de roche ou des horizons C proches de la surface dans les sols rajeunis développés pentes fortes : alors

qu'en profondeur ces éléments sont observés frais ou humide toute l'année, ils présentent généralement un noyau sec quand ils sont situés plus superficiellement. Dans les sols développés sur basalte, dans un paysage faiblement ondulé, une bonne pénétration de l'eau (ruissellement faible) favorise un pédo-climat plus frais propice à l'altération. En zone de bas-fonds, au drainage externe déficient, l'excès d'infiltration des eaux de pluies (ruissellement presque inexistant) et des eaux de ruissellement des pentes fortes avoisinantes, explique partiellement la remontée de l'hydromorphie temporaire le long des piedmonts, en saison des pluies.

- Sur l'intensité du drainage : la position topographique du sol intervient sur l'intensité du drainage soit directement (bas-fonds bien drainés) soit indirectement par l'intermédiaire du paysage. Sur certaines pentes fortes, l'altération des trachytes engendre des sols très profonds, très perméables, à bonne capacité de rétention pour l'eau, capables d'emmagasiner une grande partie de l'eau de pluie, qui est soustraite ainsi au ruissellement.

- Sur le type de pédogenèse : les sols rajeunis par troncature du profil se situent dans les paysages accidentés. La juxtaposition de sols minéraux bruts, peu évolués et ferrallitiques rajeunis s'observe dans des paysages fortement accidentés.

- Sur l'érosion : la pente est un facteur d'érosion important sans pour autant qu'il y ait proportionnalité entre érosion et ruissellement. La pente conditionne considérablement l'importance de l'érosion : Erosion en nappe sur pentes faibles, en ravines et rigoles sur pentes plus fortes.

- Sur le lessivage oblique ou les mouvements de masse du sol (creep).

34 - LES FACTEURS BIOLOGIQUES : IMPORTANCE DE L'OCCUPATION
ACTUELLE DES TERRES

341 Généralités.

La faune et la végétation, végétation naturelle ou cultures, donc d'une façon indirecte l'homme, interviennent sur la pédogenèse et dans les modifications du profil cultural.

L'action de la faune est importante sous-forêt. Elle est beaucoup moins visible sous culture. Mais le manque de données précises sur cette action ne nous permet pas de l'étudier dans ce chapitre.

La végétation exerce une action directe sur le profil pédologique et plus particulièrement sur le profil cultural.

Quatre faits d'observations soulignent l'intérêt d'une étude détaillée de la végétation :

- Une forte différenciation des associations végétales reflète les importantes variations climatiques de cette région montagneuse. Le rôle de la végétation dans la lutte contre l'érosion pluviale est bien connu.

- Il existe une certaine corrélation entre la répartition des grands ensembles de sols et la localisation de certaines espèces végétales.

- L'installation de différents types de végétation n'a été permise que par certaines formes d'utilisation du sol par l'homme et parfois par des excès de travail du sol : on constate un véritable asservissement du paysage par la population.

- On rencontre différents types de prairies dont l'intérêt dans la lutte contre l'érosion et dont la valeur pour l'élevage sont variables. Nous emprunterons à BRUNT & HAWKINS (1965) un certain nombre de données reproduites ci-dessous.

342 Quelques données sur l'occupation actuelle des terres.

342.1 La végétation naturelle.

- Les forêts d'altitude : On distingue essentiellement des îlots de forêt semi-décidue entre 1.600 et 2.300 m d'altitude sur

les massifs aux pentes fortes exposés aux pluies de mousson.

- Les prairies d'altitude : Elles se situent entre 1.500 et 2.200 m. Elles constituent l'essentiel des pâturages dans le système d'élevage extensif pratiqué par les FOULANIS. Nous pouvons établir une distinction entre :

. Les prairies associées aux galeries forestières, zones de passage entre la forêt dense d'altitude et les savanes. Situées généralement sur pentes fortes, elles prennent parfois l'aspect de savane arborée. Le tapis graminéen est court, épais, parsemé d'affleurements rocheux ou entrecoupé de falaises. Ces prairies constituent des zones de parcours pour le bétail qui, canalisé entre les galeries forestières et les zones rocheuses, est souvent à l'origine (excès de charge) d'un processus d'érosion extrême entretenu par la pente. Le sol apparaît alors dénudé entre les touffes graminéennes "déchaussées". Ces prairies s'étagent entre 1.900 et 2.500 m d'altitude.

. Les prairies relativement denses, situées entre 1.500 et 2.000 m, sur pentes généralement plus douces, servent fréquemment de zones de pacages autour des huttes FOULANIS. On observe localement, un recul de ces prairies devant les zones cultivées.

- Les savanes : Elles devaient occuper une superficie importante mais l'occupation humaine et en particulier la colonisation le long des axes routiers la font reculer rapidement. Il s'agit généralement de savanes arbustives claires, continues sur paysage faiblement vallonné, ou parsemées de blocs et affleurements rocheux sur paysage accidenté. Le tapis graminéen est relativement dense et les espèces hautes.

342.2 Les cultures.

Il n'est pas rare de rencontrer des zones cultivées au-dessus de 2.000 m d'altitude.

Nous distinguons :

- Des zones de culture annuelles dominantes. Il s'agit surtout de champs de manioc, maïs, haricots, base de l'alimentation locale, auxquels sont associées quelques cultures de légumes

variés, pommes de terre, canne à sucre, et des jachères de une ou plusieurs années. Dans les zones de colonisation plus récente, le long des axes routiers en particulier, de jeunes plantations de caféiers arabica, entourant les îlots d'habitation, témoignent d'une installation de plus d'un an : en effet l'agriculteur commence par cultiver des plantes de subsistance et par construire sa maison puis il pratique une 2ème génération de culture destinées à la vente (caféiers essentiellement).

- Des zones de cultures arbustives dominantes : il existe là encore une corrélation assez étroite entre l'ancienneté de l'occupation humaine et le type de plantation :

. Abondance de vieilles plantations de caféiers sous ombrage, particulièrement autour des centres urbains ou des grandes chefferies, zones d'occupation ancienne à forte densité de population.

. Des zones de cultures arbustives, généralement sans ombrage, associées à des cultures vivrières en plus grand nombre, sont plus dispersées à proximité de concentrations humaines plus récentes.

On constate que le mode d'utilisation des terres, la densité des plantations, et les pourcentages relatifs des cultures associées, sont étroitement liés à 2 mouvements contraires de population :

- A une concentration de population autour des anciens noyaux de colonisation (villes, grandes chefferies...) correspond une forte densité de cultures arbustives, avec ou sans ombrage suivant l'ancienneté de l'occupation, les cultures vivrières subissant un mouvement centrifuge.

- A des zones de colonisation récente reprises sur la savane ou les prairies, correspond une dispersion de l'habitat et un accroissement des surfaces occupées par des cultures vivrières. La densité de population augmentant dans ces zones, ce mouvement aboutira tôt ou tard à une structure organisée, autour de la case d'un chef par exemple, matérialisée par une plus forte densité de cultures arbustives....

Il risque de résulter que, les villages ayant plutôt tendance à s'installer dans des zones planes, les plantations de caféiers occupent les zones à faible pente alors que les cultures vivrières envahissent progressivement les fortes pentes au détriment de la végétation naturelle.

Pris dans son ensemble, l'habitat est encore relativement dispersé; mais un certain nombre de zones, correspondent à ce schéma. Il faudrait tenir compte de cet aspect de l'utilisation des terres dans un plan d'aménagement, de conservation du sol, et de lutte contre l'érosion en particulier.

343 Influences pédogénétiques et agro-pédologiques.

L'influence de la végétation est à la fois multiple et complexe.

343.1 Action mécanique :

Dans cette région très montagneuse la protection du sol contre l'érosion varie considérablement avec le type de végétation. Pendant la saison des pluies il est primordial que le sol soit efficacement protégé par un couvert végétal dru à développement rapide. Ce couvert limite "l'effet splash" des gouttes d'eau tombant au sol, gouttes dont l'énergie cinétique est très grande étant données la pluviosité et l'intensité de certaines pluies. A cet effet la protection forestière est de loin la plus efficace, quelle que soit la pente. La couverture végétale abondante intercepte entièrement l'énergie cinétique des gouttes de pluie (ROOSE 1971). Le rôle des prairies dans la lutte contre l'érosion est variable selon les types d'associations végétales : les prairies à *Hyparrhenia* protègent mieux le sol que celles à *Sporobolus*. Elles limitent l'érosion par un treillage dense et une extrême division du système racinaire qui fractionne les filets d'eau. Mais le volume de sol "retenu" est souvent faible, sur certaines pentes très fortes, en regard de l'importance du ruissellement. L'érosion sous cultures dépend surtout des techniques culturales, de la date des semis, du temps pendant lequel le sol reste dénudé.... Elle peut croître dans des proportions considérables d'une culture à l'autre.

D'après ROOSE (1967) "l'effet splash" serait la cause prédominante du déclenchement de l'érosion du sol à l'échelle du champ à condition que les causes extérieures de ravinement soient enrayées.

343.2 Action physique.

- L'influence des racines sur les propriétés physiques du sol est un fait démontré. En particulier le développement de la structure est lié entre autres à celui du système racinaire. MOREL et QUANTIN (1964), en décrivant 4 types successifs de jachères, ont établi une relation entre l'indice de stabilité de HENIN et la vitesse d'installation des différents stades de la jachère. Cependant l'action des graminées dans la structuration du sol semble très limitée. Rappelons que dans la région, la durée des jachères a diminué.

- Action sur le climat du sol : plusieurs auteurs se sont penchés sur ce problème. La forêt joue un rôle primordial en limitant les échanges entre l'atmosphère et le sol, et, en le protégeant contre le rayonnement ou le vent, elle maintient une certaine humidité, permet une vie microbienne active et favorise une bonne décomposition de la matière organique. Les prairies n'assurent qu'une protection relative et variable suivant les espèces : le sol est assez sec en saison sèche. Entre les touffes de Sporobolus dont la partie aérienne peu développée couvre mal le sol, les espèces végétales rampantes, se développant en saison humide, meurent en saison sèche. La savane assure une protection intermédiaire, variable selon qu'elle est herbeuse, arbustive, arborée ou boisée.

- Le système racinaire participe à l'évaporation en jouant en saison sèche, un rôle de "pompe" à l'égard des solutions du sol.

Au moment du creusement des fosses, la zone la plus dure, parce qu'étant la plus sèche, correspond souvent à la zone de développement maximum du système racinaire. Mais d'autres facteurs doivent interférer dont les modifications de porosité par exemple.

343.3 Action chimique.

- Effet sur la matière organique du sol : Les sources de matière organique proviennent, selon le cas, des chutes de feuilles ou

brindilles, des restes de jachère ou des résidus laissés par la récolte. Les restitutions organiques sont très variables. Elles paraissent de loin les plus élevées sous forêt. Les teneurs en matière organique du sol reflètent d'ailleurs assez bien les différences observées dans les quantités de débris tombés au sol (voir plus loin).

- Effet direct sur la répartition des éléments dans le profil du sol : La décomposition rapide de la matière organique libre sous forêt une quantité considérable d'éléments. Une conséquence directe est l'augmentation fréquente du pH des horizons humifères.

Nous insisterons sur le rôle bénéfique de la matière organique dans le chapitre traitant des aptitudes culturales.

35 - LE MILIEU HUMAIN.

La densité moyenne est de 30 hab.au km². Mais des densités de plus de 100 sont fréquentes dans certains districts (150 à 250 dans le triangle DSCHANG - MBOUDA - BAFOUSSAM).

On rencontre plusieurs groupes humains dont le principal facteur de différenciation est la langue (CHAMPAUD 1970) et que nous regrouperons suivant leurs activités :

- des agriculteurs : Bamiléké, Bamoun, Nso, Bafut, Balis, Ngemba...
- des éleveurs : Bororos (ou Foulanis).

D'après CHAMPAUD il pourrait exister des corrélations entre altitude, climat humide, sols sur basalte et densité de population. En outre "la diversité des formes d'utilisation de l'espace rural ne dépend que pour une faible part des conditions physiques; elle doit beaucoup plus à l'empreinte des civilisations différentes qui façonneront cette zone".

Un certain nombre de caractéristiques de cet habitat peut influencer sur l'évolution des sols, soit par le biais des techniques culturales, soit par celui de la répartition des terres. Notons en particulier :

- L'aspect bocager du paysage bamiléké,

- L'habitat dispersé dans son ensemble (voir facteurs biologiques) "chaque famille vivant au milieu de ses champs".
- La disposition des maisons sur les zones les plus planes ou les replats de versant.
- Des haies entourant souvent les champs, disposées suivant les courbes de niveau en tant que moyen anti-érosif ou brise-vent de certaines plantations.

A cet aspect boisé des aires occupées par les agriculteurs s'oppose la physionomie dépouillée des hauts de versants parcourus par les éleveurs, la pratique du brûlis ne laissant subsister que quelques bosquets sur les têtes de talwegs.

Les éleveurs Foulanis déplacent leurs troupeaux, sur le massif en saison des pluies, et dans les plaines en saison sèche.

La co-existence de fortes densités d'agriculteurs et d'éleveurs est cause d'un conflit permanent à propos des aires réservées à chaque communauté. Mais de plus en plus, les agriculteurs mettent des pâturages en cultures. Ces dernières, en remontant le long des pentes, restreignent les terrains de parcours, sans pour autant que les troupeaux émigrent dans d'autres zones. Des problèmes d'érosion sont alors posés par la mise en culture de fortes pentes et la surcharge de bétail.

Nous devons donc, en raison de cette forte densité d'agriculteurs et de l'importance de l'élevage Foulani, insister sur le facteur humain, l'influence de l'homme sur l'évolution des sols étant prépondérante dans cette région. Les modifications apportées au sol peuvent être très importantes et peuvent rapidement s'extérioriser dans le domaine de la production.

Par une mauvaise utilisation ou une utilisation trop intensive, par la pratique de techniques culturales inadéquates, par une mauvaise répartition des aires réservées à certaines cultures et à l'élevage, l'évolution de certains sols peut prendre rapidement un sens très défavorable dans une région déjà peu avantagée du point de vue des superficies exploitables par la production agricole. Signalons :

- Les feux,
- Le défrichement,
- L'érosion provoquée ou accentuée.

Nous aborderons en détail ces problèmes dans le chapitre concernant les aptitudes culturales des sols.

4. LES ELEMENTS D'APPRECIATION DE L'APTITUDE CULTURALE DES SOLS -
FACTEURS PEDOLOGIQUES CONDITIONNANT LEUR UTILISATION

41 - LES FACTEURS DE LA FERTILITE DES SOLS.

Nous ne pouvons pas reprendre ici l'étude des caractéristiques des différents types de sols rencontrés dans l'Ouest-Cameroun. Nous envisagerons simplement l'influence de certains caractères pédologiques sur la fertilité des sols. Nous nous intéressons spécifiquement aux sols ferrallitiques et sols associés (peu évolués et bruns) les plus largement représentés dans la région.

Notons que peu de mesures physiques ont été jusqu'à présent effectuées dans l'Ouest-Cameroun, les propriétés physiques des sols étant alors déduites des caractères morphologiques.

411 Caractères morphologiques.

411.1 Profondeur.

Ce facteur joue un rôle primordial dans la région. Les sols ferrallitiques de cette zone montagneuse sont nettement moins profonds que ceux du Sud-Cameroun par exemple. Le solum de ces sols pouvant être considéré comme la partie du profil ayant acquis une organisation pédologique (horizons A₁, B₁, BC), a une épaisseur inférieure à 150 cm sur une grande partie des zones cartographiées.

- Rappelons qu'il n'existe pas de corrélation nette entre la classification des sols dits "rajeunis" et l'épaisseur du solum : Un sol rajeuni peut présenter un solum de 150 cm d'épaisseur et un sol faiblement rajeuni un solum de 100 cm d'épaisseur. La présence d'éléments altérés isolés dans une gangue évoluée compte autant dans le diagnostic du rajeunissement.

- Certains sols ont un solum suffisamment épais (> 150 cm) pour que, quelles que soient les fluctuations de l'épaisseur, cette dernière ne soit en rien un facteur limitant pour l'implantation de diverses cultures. D'autres ont un solum dont l'épaisseur, moyenne, de 80 à 150 cm, fluctue peu. D'autres enfin ont une épaisseur

moyenne ou faible (< 150 cm) mais très variable d'un point à l'autre.

La faible profondeur des sols comme leur hétérogénéité à grande échelle comptent parmi les facteurs limitants les plus importants de la région.

411.2 Aspect du profil.

a/ La nature et le nombre d'horizons : la distinction d'horizons dans un profil repose essentiellement sur l'observation de variations d'ordre morphologique. Toute variation morphologique entraînant une modification même minime de la dynamique du sol, il va sans dire que plus les horizons d'un profil sont nombreux, plus le comportement du sol est complexe (comportement hydrogazeux notamment), et plus il faut effectuer de mesures pour en saisir les paramètres. Ainsi par exemple si l'on ne distingue, sur une épaisseur de 150cm, que trois horizons dans des sols typiques sur granite, on en dénombre six dans certains sols peu évolués sur alluvions.

Alors que les horizons de certains profils sont très différenciés, d'autres ne diffèrent que par des détails. Ainsi la différenciation d'horizons dans les profils de sols peu évolués d'apport colluvial ne repose-t-elle essentiellement que sur des nuances de structure; alors que la distinction des horizons A₁, B₁, Bu, B₃C et C d'un profil de sol "humifère, remanié et rajeuni, à horizon grossier développé" rend compte d'une différenciation morphologique très nette des horizons ayant presque tous leurs descripteurs différents.

Une bonne connaissance de variables essentielles, telles que la dynamique de l'eau, dans les sols homogènes et peu différenciés, devrait donc pouvoir être obtenue à partir de quelques mesures clés; celle des sols au profil très hétérogène et très différencié nécessiterait par contre une méthode d'étude élaborée. Il va sans dire que le comportement hydrique de ces 2 catégories de sols, et des divers horizons des sols de la deuxième catégorie, est très différent.

b/ Épaisseur des horizons : L'influence d'un horizon A_1 de 5cm d'épaisseur (sols typiques par exemple) sur la fertilité, sera évidemment moindre que celle d'un horizon A_1 de 50cm d'épaisseur (certains sols humifères sous forêts). Ainsi l'influence d'une différenciation marquée entre deux horizons successifs sur la fertilité globale d'un sol peut-elle être fortement minimisée par la faible épaisseur relative de ces horizons; la différenciation morphologique entre 2 horizons B_1 et B_2 , peut s'avérer plus importante si l'on envisage ses conséquences sur la dynamique de l'eau par exemple.

La seule notation d'un type d'horizon et de son épaisseur ne donne pas toutes les indications sur son importance relative. Il en est ainsi des horizons grossiers notés B_u : un horizon B_u peu épais mais à éléments grossiers très abondants a, sur la fertilité d'un sol, une influence bien supérieure à celle d'un horizon B_u épais contenant très peu d'éléments grossiers, bien que ces 2 horizons puissent être considérés comme identiques d'un point de vue purement pédogénétique.

c/ Position relative des horizons : un horizon grossier influe différemment sur la fertilité selon qu'il est superficiel, situé à une profondeur moyenne, ou profond et ce pour des caractéristiques identiques.

Il en va de même pour la position d'autres horizons tels que les horizons d'altération ou d'hydromorphie.

d/ Transitions : La netteté des transitions est parfois un facteur d'hétérogénéité dans les sols. Elle intervient notamment sur la régularité de l'infiltration de l'eau ou de l'enracinement. Il s'agit :

• surtout de limites d'origine pédologique : transition entre 2 horizons meubles du solum;

• parfois d'une discontinuité lithologique : transition nette entre un solum et des horizons d'altération issus de matériaux différents (colluvions sur roche en place), niveau ferruginisé dans le matériau d'altération, solum issu de plusieurs matériaux superposés (coulées volcaniques, ou phases d'alluvionnement), certains horizons grossiers qui sont des concentrations d'éléments résistants à l'altération....

Lorsque la ferrallitisation est très avancée, les limites entre les horizons meubles du solum sont généralement diffuses. Mais :

- des transitions nettes de teinte sont souvent remarquées. Elles ne correspondent généralement à aucune discontinuité dans les autres propriétés des profils;

- certains phénomènes pédogénétiques secondaires associés ou non à certaines techniques culturales peuvent être à l'origine des discontinuités dans le solum et perturber considérablement la dynamique de l'eau des horizons : Il en est ainsi de certains horizons grossiers imputés au remaniement, de certains horizons A bouillants parce que trop travaillés....

Un autre facteur d'hétérogénéité est l'aspect ondulé ou irrégulier de nombreuses transitions (notamment limites des horizons grossiers et celles des horizons d'altération).

411.3 Zone d'altération.

Nous avons déjà analysé dans le chapitre relatif aux facteurs du milieu l'action de la roche-mère sur la vitesse d'altération ou la nature des horizons d'altération, et notamment sur leur composition minéralogique, leurs caractères structuraux et la distribution générale de leurs couleurs.

Nous avons d'autre part signalé que les horizons C participant à la dynamique des profils, pouvaient être dotés d'une porosité tubulaire et pénétrés dans leur masse par les racines. L'altération de ces sols est profonde et le matériau altéré friable. Si les racines exploitent préférentiellement les horizons A meubles, elles semblent tirer aussi parti des horizons C. Il n'est pas rare de trouver des racines à 2 m dans des sols dont le solum n'a que 50cm d'épaisseur. Autour de ces racines se développe une gangue de terre fine évoluée.

Les sols peu épais, situés sur pentes fortes, dont le volume le plus exploité par les racines est aussi celui connaissant les variations saisonnières d'humidité les plus fortes, sont, en raison notamment du ruissellement, menacés par un risque de sécheresse.

Les racines observées dans les horizons C de ces sols, constituant une véritable réserve d'eau, y trouvent probablement une humidité convenable.

Dans les horizons C les racines trouvent généralement des réserves chimiques globalement et théoriquement satisfaisantes. Cependant l'absence d'une structure pédologique, qui aurait pour effet de multiplier les surfaces de contact sol-plante, facilite peu le développement racinaire.

Les horizons C sont d'autre part souvent très hétérogènes: altération plus ou moins poussée de différentes phases, fissures.... Ces variables sont sources de discontinuités, hydriques notamment.

En résumé, si une unité pédologique groupant des sols peu épais (groupe rajeuni par exemple) peut être homogène du point de vue pédogénétique, elle peut être hétérogène du point de vue de son comportement agronomique, les horizons C constituant plus de la moitié du sol, et présentant des faciès très variés à grande échelle. L'échelle des cartes et les conditions de terrain ne permettent généralement pas de rendre compte de ces nuances pédologiques qui n'interviennent qu'à un niveau taxonomique très bas.

Les différents modes de transitions entre les horizons d'altération et le solum conditionnent la circulation des solutions entre ces deux parties du profil. Une nette discontinuité peut être à l'origine d'un phénomène d'hydromorphie temporaire à la base du solum.

411.4 Texture.

a/ Texture de la terre fine : Nous avons vu qu'une grande originalité de nombreux sols de la région était de comporter d'abondantes "pseudo-particules", agglomérats de particules argileuses (ou limons ?) cimentés par des oxydes de fer. Ces "pseudo-particules" sont considérées, ou comme des éléments texturaux, ou comme des éléments structuraux (microstructuration). D'un point de vue textural, il semble que la granulométrie apparente, appréciée sur le terrain rende compte davantage du comportement du sol vis à vis des cultures que la granulométrie réelle. Toutefois ces pseudo-particules parti-

cupent à la dynamique de l'eau.

Après un traitement déferrifiant des sols sur roches volcaniques, on obtient couramment des taux d'argile supérieurs à 80 %.

Il est remarquable que de nombreux sols dont les taux réels d'éléments fins peuvent dépasser 80 %, ce qui en zone tempérée en ferait des "terres lourdes", soient aussi légers, friables, aient une porosité et une perméabilité élevées, une bonne capacité de rétention pour l'eau, et s'humectent rapidement.

La variabilité, à l'analyse mécanique, des résultats obtenus pour une même analyse entre les différents échantillons d'un même profil ou entre les répétitions effectuées sur un même échantillon, variabilité liée aux conditions de traitement et à la plus ou moins grande dispersabilité des pseudo-particules, empêche toute interprétation correcte de ces résultats. L'observation à la loupe des fractions limon grossier et sable est un complément utile à toute interprétation.

Certains sols rajournés cependant, contiennent peu de pseudo-particules, et d'autres même semblent ne pas en contenir. Elles paraissent d'autant plus nombreuses que l'évolution du sol est plus intense. Certains sols renferment de nombreux pseudo-sables, dans d'autres les pseudo-limons dominant. Il semble exister une relation inverse entre l'accumulation organique et l'abondance des pseudo-sables.

Si les sols issus de roches volcaniques ne contiennent en moyenne que 5 % de sables quartzeux, les sols sur granite peuvent en comporter de 20 % à plus de 50 %. Une partie des fractions fines de certains sols sur trachyte est composée de très petits fragments de roche ferruginisée. Ces éléments quartzeux ou très ferruginisés sont inactifs.

Des horizons superficiels, ou des horizons grossiers à éléments grossiers très abondants, peuvent être affectés par un phénomène d'appauvrissement en argile, l'indice d'appauvrissement atteignant parfois 1/2. Mais les changements progressifs enregistrés dans la granulométrie semblent dans cette région ne modifier qu'assez

peu la morphologie des sols et ne paraissent pas entraver la pénétration racinaire.

Rappelons quelques propriétés liées à la texture :

- . la structuration et stabilité structurale seraient les meilleures pour des taux d'argile moyens de 15 à 60 %;

- . la fraction argileuse confère au sol sa capacité pour l'eau, sa plasticité, sa cohésion alors qu'à mesure que le nombre et la taille des sables quartzeux augmentent, la perméabilité croît, la cohésion et la capacité pour l'eau diminuent;

- . l'influence sur l'évaporation : schématiquement, plus la texture est fine plus l'évaporation est lente, mais plus elle affecte un volume important de sol. Les pseudo-sables en augmentant la porosité accroissent le risque de sécheresse par une évaporation intense;

- . l'action sur le comportement mécanique du sol et l'intervention dans le choix des états favorables aux différents travaux.

La granulométrie intervient donc essentiellement par le biais des propriétés physiques qu'elle détermine : le rôle joué par les pseudo-particules illustre bien ce fait.

Mais la notion de texture ne prend toute sa valeur que si l'on précise l'épaisseur des horizons qu'elle caractérise.

b/ Les éléments grossiers : Ils interviennent de différentes manières sur la fertilité des sols et notamment sur la dynamique de l'eau.

- Par leur nature : un cailloux de granite, un fragment de trachyte ou de basalte altérés, ne réagissent pas de la même façon à une imbibition par l'eau, et ne renferment pas le même volume d'eau pour une même taille et un degré d'altération jugé équivalent. Leurs richesses en éléments chimiques, susceptibles d'être libérés dans le sol, est très variable (cf. facteurs du milieu)...

- Par leur degré d'altération et leur degré de ferruginisation : Les éléments grossiers des horizons Bu sont souvent peu altérés et ferruginisés. Non altérés ou très ferruginisés, ils se comportent

comme des corps inertes vis à vis de l'eau. Leur degré d'altération intervient aussi dans leur faculté d'être pénétrés par les racines ou d'être dotés d'une porosité tubulaire. Enfin ils constituent une **réserve potentielle plus ou moins importante de cations (cf. rajeunissement chimique et morphologique).**

- Par leur taille : les éléments altérés participent d'autant mieux à la dynamique des profils qu'ils sont de petite taille. Ainsi les cailloux des horizons C sont-ils entièrement humectés en saison sèche alors que les blocs peuvent présenter un noyau sec. La présence de blocs, durs, non altérés, dans les profils accroît considérablement le trajet racinaire et constitue un obstacle majeur au travail du sol s'ils sont superficiels, voire même au parcours du bétail s'ils jonchent la surface du sol.

- Par leur nombre : ils modifient la composition volumique mais également, s'ils sont très abondants, les caractères morphologiques de la terre fine, notamment la structure ou la porosité (pores intersticiels). Ils sont fréquemment à l'origine de transitions assez brutales qui entravent la pénétration racinaire.

- Par leur position dans le profil : Un horizon grossier superficiel peut limiter l'évaporation du sol, atténuer les phénomènes d'érosion, mais aussi accroître l'usure des pièces travaillantes. Situé à moyenne profondeur, cet horizon agit surtout sur les propriétés du sol vis à vis de la plante et notamment sur son enracinement. Profond (> 150 cm) il n'exerce qu'une influence limitée sur la fertilité.

- Par l'épaisseur des horizons qu'ils affectent : un horizon grossier peu épais peut être, s'il contient des éléments grossiers abondants, **un obstacle majeur au développement racinaire.**

Rappelons enfin que ces éléments grossiers augmentent le trajet de l'eau non saturante, créent des discontinuités, contraignent les racines à suivre un cheminement sinueux et provoquent des déformations.

De très nombreux profils contenant des éléments grossiers, présentent des **taux de refus supérieurs à 30 %, voire même 50 %.**

L'horizon grossier a souvent plus de 50 cm d'épaisseur. Rappelons aussi que ces éléments grossiers sont surtout rencontrés dans les sols peu profonds (solum < 150 cm), et que ces sols couvrent de grandes surfaces.

411.5 Structure - Porosité - Circulation des gaz et des solutions.

L'étude morphologique a mis en évidence différents types de structures, et dans certains sols des variations importantes de la structure en fonction de la profondeur.

La matière organique ainsi que les "pseudo-particules" considérées cette fois comme éléments structuraux (notamment les pseudo-particules > 2 mm) confèrent à la majorité des sols de la région une bonne structure d'ensemble : structure nette, généralement grumelleuse fine et très fine dans les horizons humifères, microstructure dans les horizons B. Du point de vue structural les sols typiques et humifères sur roches volcaniques se classent parmi les meilleurs. A la micro-structure se superpose la structure proprement dite, généralement polyédrique fine et très fine. Ces structures favorisent l'enracinement, les échanges gazeux, la capacité d'infiltration. Mais il existe un certain nombre de variations dans les descripteurs de la structure. Signalons par exemple :

- La sur-structure prismatique née d'un effet de talus, qui peut être pré-existante dans certains sols. Les racines semblent emprunter préférentiellement les fentes de retrait, il s'ensuit des discontinuités possibles dans l'enracinement.

- La structure légèrement plus grossière et tout au moins la taille inégale des agrégats dans certains sols rajeunis qui défavorisent ces sols par rapport aux sols typiques.

- L'absence de micro-structure visible dans quelques sols compensée par la netteté d'une structure fine et très fine.

- La structure massive de certains sols relativement sableux défavorable à l'aération mais compensée par une porosité interstitielle développée, ou celle de sols peu évolués d'apport corrigée par une forte porosité tubulaire.

- La structure massive asphyxiante des sols hydromorphes.
- La taille de certains éléments structuraux moyens à grossiers, mottes dures et compactes (notées peu ou non friables), difficilement colonisées par les racines, caractérisant certains types de sols rajcunis.
- Les changements de compacité notés dans les horizons B de certains profils sous savanes, qui, peu accusés, ne constituent pas cependant un obstacle majeur à l'enracinement.
- La structure massive juxtaposée à une structure polyédrique dans les horizons B₃C ou coexistent une phase argileuse évoluée et structurée, et une phase altérée.
- L'absence de structure visible de la terre fine ou la structure localisée dans certains horizons grossiers particulièrement caillouteux....

Nous venons de mentionner à plusieurs reprises une étroite dépendance et parfois un certain équilibre entre la structure et diverses formes de porosité :

- En raison de la finesse de la structure de la plupart des horizons A et B, le volume des vides entre les agrégats est important bien que ces vides ne soient pas toujours visibles à l'oeil nu.
- A l'exception de quelques horizons B plus cohérents de certains horizons humifères, ou grossiers très graveleux, bouillants, les horizons de ces sols sont généralement meubles.
- Les fentes de retrait observées dans certains sols accentuent la macro-porosité.
- La porosité tubulaire fine et très fine est développée dans tous ces sols, excepté dans les zones d'hydromorphie, dans certains agrégats trop compacts ou dans des noyaux argileux.
- Dans les horizons très sableux (sols peu évolués d'érosion sur granite par exemple), à fraction quartzeuse comprise entre 2 et 5mm abondante, ou à horizon grossier contenant des graviers et cailloux très abondants, une forte porosité intersticielle peut être notée.

- Rappelons enfin l'importante porosité biologique des sols ferrallitiques.

Pour l'ensemble de ces sols deux dangers sont à craindre :

- Une porosité excessive et relativement grossière, intersticielle ou liée à la structure nette des horizons humifères épais, risquant d'entraîner une certaine sécheresse d'une partie du profil.

- Une rupture de capillarité au niveau du contact brutal entre un horizon meuble pourvu d'une porosité tubulaire et un horizon caillouteux caractérisé par une porosité intersticielle. Ce changement de porosité peut être bénéfique, si l'horizon caillouteux est superficiel (mulch), mais avoir des conséquences très défavorables s'il constitue une nette discontinuité entre 2 parties meubles.

Rappelons que des densités apparentes très faibles (< 1 sur 100cm dans certains sols humifères, $< 1,2 - 1,3$ dans la majorité des profils) sont l'indice d'une porosité très élevée. Celle-ci peut atteindre 50 - 60 % dans les horizons B et 80 % dans les horizons humifères. Les porosités des sols sur basalte paraissent en outre plus élevées que celle de sols sur granite.

A propos de la consistance nous avons signalé la fermeté de certains agrégats de sols dits "pénévolués". Ce cas mis à part, les agrégats sont généralement friables et souvent très friables.

411.6 Examen du végétal.

a/ Les racines : Les observations du pédologue généralement limitées à la période de prospection sont d'ordre qualitatif. Dans la majorité des profils on constate de bonnes pénétration et répartition du système racinaire. Les horizons humifères notamment sont exploités par un chevelu dense. Nous avons pu cependant observer certaines morphologies particulières au niveau des accidents du profil.

. Les graviers, cailloux et blocs durs contraignent les racines à suivre un cheminement sinueux (cf.ci-dessus). Cet effet est notamment sensible sur les systèmes racinaires pivotants ou branchus. Les systèmes fasciculés s'accrochent plus facilement de ces obstacles mécaniques.

. Nous pouvons signaler des transitions nettes de structure, cohésion, consistance entre 2 horizons A, l'un (A11) travaillé par l'homme, l'autre (A12) non perturbé et parfois même tassé. Il est possible d'observer alors un chevelu très dense dans l'horizon A11 alors que la densité des racines chute brutalement dans l'horizon A12, notamment quand celles-ci semblent s'être développées dans des horizons assez secs.

. Les mottes dures et compactes semblent contournées par un certain nombre de racines fines.

. La présence d'une nappe à faible profondeur limite l'extension du système racinaire.

. Nous avons constaté dans des horizons fortement graveleux un nombre plus important de racines mortes que dans les horizons meubles adjacents.

. Rares sont les horizons d'altération stoppant purement et simplement le développement racinaire en profondeur. Nous avons vu que plusieurs phases d'altération étaient pénétrées par les racines. Dans les horizons C, au niveau de la roche altérée, les racines croissent en profondeur à la faveur de fissures.

. Dans les sols riches en blocs de basalte, renfermant également de nombreux cailloux et graviers, la ramification extrême des racines peut s'expliquer par la multitude d'obstacles qui s'opposent à leur pénétration (mais aussi par un tropisme positif exercé par certains éléments grossiers en voie d'altération). Ces dernières explorant le moindre volume de terre fine, s'insèrent même entre les croûtes ferruginisées disposées concentriquement autour des blocs de basalte superficiellement altérés.

. Dans certains sols riches en graviers de quartz ces graviers anguleux confèrent une certaine rigidité aux horizons, qui pourrait expliquer les formes variées des racines et les changements dans leur section.

. Nous avons cité le cas de développement de racines dans des fissures ou fentes de retrait. Les racines latérales ne se développent alors que dans un seul plan.

Aucune observation n'a été faite quant à l'état sanitaire des racines.

b/ Les parties aériennes: La saison de prospection (généralement fin de saison sèche) ne se prête guère à l'observation de l'état du système aérien des plantes annuelles (période du brûlis). Nous avons remarqué cependant pour notre part :

- . Une faible densité de végétation sur des sols au squelette abondant.

- . Des irrégularités dans les plantations de caféiers établies sur sols rajeunis en pentes fortes.

- . Que (dans la région de BALI par exemple), le maïs semblait souffrir de la sécheresse dans certains sols à horizon grossier développé.

Des observations complémentaires en période de pleine croissance sont toutefois nécessaires.

411.7 Les variations saisonnières.

Elles affectent essentiellement la structure et la porosité. Elles sont d'autant plus sensibles que le sol est couvert d'une végétation peu dense ou de cultures, la forêt atténuant les fluctuations pédo-climatiques responsables des variations morphologiques. Ces dernières étant d'autant plus accusées que le profil est argileux, sont d'autre part exacerbées par la présence d'argile 2/1. Ainsi les sols sableux ou sablo-argileux ne présentent-ils aucune variation morphologique saisonnière apparente. Sous culture les sols typiques révèlent quelques modifications sur les 50 premiers centimètres de leur profil : Structure à assemblage plus net, augmentation faible de la porosité inter-agrégats.... Les sols "pénévolués" cultivés subissent, en s'asséchant, d'importantes modifications morphologiques : l'assemblage structural devient très net, une sur-structure apparaît, des fentes de retrait se développent, les agrégats friables deviennent non ou peu fragiles.... Toutes ces variations peuvent influencer notablement la dynamique des profils, notamment celles de l'eau et des racines.

412 Caractères analytiques.

412.1 Matière organique - Azote.

- Nous connaissons le rôle joué par la matière organique sur la fertilité du sol. Rappelons qu'elle intervient :

- . en augmentant la perméabilité, la capacité pour l'eau et la porosité,
- . en accroissant la netteté, la finesse et la stabilité de la structure,
- . en diminuant la cohésion,
- . en stimulant l'activité biologique du sol et la croissance des racines,
- . en apportant des éléments minéraux et en agissant sur le maintien d'un certain nombre d'entre eux ayant une tendance naturelle à être lixiviés,
- . en régularisant la nutrition, azotée notamment.

Elle risque cependant de freiner la minéralisation de l'azote (C/N élevé).

- L'accumulation humifère a été interprétée comme phénomène climatique mais nous avons signalé aussi qu'une mauvaise connaissance des conditions climatiques locales nous empêchait de déterminer une loi de répartition précise des sols humifères : il s'ensuit une séparation assez arbitraire en sols humifères et en sols^{non} humifères, et une limite des zones d'extension de ces 2 catégories de sols approximativement établie vers 1.500m. D'autre part les teneurs en matière organique sont susceptibles de variations locales importantes notamment dans les 50 premiers centimètres. Rappelons un certain nombre de données sur la fertilité différentielle des sols en relation avec l'accumulation humifère :

- . Certains profils appartenant à des affleurements classés en sols typiques ou remaniés peuvent cependant être riches en matière organique, mais la grande variabilité des teneurs obtenues d'un point à l'autre, dans des conditions topographiques et de végétation semblables, ne permet pas d'attribuer avec certitude une origine climatique stricte à cette accumulation.

. Il semblerait par contre exister une relation entre l'accumulation humifère et le type de roche-mère : la majorité des sols sur roches volcaniques situés entre 1.200 et 1.500 m ont des teneurs en matière organique avoisinant ou dépassant 10% en surface, alors que ces teneurs excèdent rarement 5 %, dans les horizons A des sols sur socle.

. La diminution des teneurs en matière organique, avec la profondeur, est assez rapide dans les sols typiques, plus progressive dans les sols humifères. Le rapport C/N décroît régulièrement.

. Si les variations des taux de matière organique sont sensibles à l'altitude, celles du rapport C/N sont moins nettes.

. Dans les zones de forte altitude (2.000m) nous n'avons pas constaté, après disparition de la forêt, de diminution sensible du stock pondéral (donc apparent) de matière organique et d'azote. Par contre un défrichement entraînerait une chute perceptible de ce stock à plus faible altitude (1.200 m), le C/N ne subissant quant à lui aucune variation significative.

. Les teneurs en acides humiques (AH) décroissent rapidement avec la profondeur. Ces teneurs sont, à quelques nuances près, les plus élevées sous forêt, les plus faibles sous savanes : A faible altitude on constate de nettes différences entre les taux de AH sous forêt et savanes alors qu'en altitude les taux d'AH sous forêt et prairie sont peu distincts.

. La couleur des sols, et leur chroma notamment, ne semblent par un moyen sûr permettant d'apprécier les teneurs en matière organique, le chroma ne variant pratiquement plus au-delà d'un certain taux de cette dernière. Une relation pourrait exister par l'intermédiaire du rapport AH/AF (cf. tableau) entre la couleur et le type de végétation. Bien qu'une transition nette soit souvent constatée entre des horizons A sombres et des horizons B₁ plus clairs, les teneurs en matière organique diminuent progressivement de la surface en profondeur.

. Le type de végétation intervient sur les teneurs en matière organique et leur répartition en fonction de la profondeur: La forêt maintient une forte accumulation organique de surface, la savane permet une certaine répartition "isohumique" de la ma-

Tableau - Variations du chroma (en humide)
et des taux de matière organique en fonction
de la profondeur dans 2 profils de
sols ferrallitiques humifères

Profils	Profondeur (cm)	Chroma	Matière organique %
BAM 23	5 - 10	2	8,9
	30 - 35	<u>2</u>	<u>7,4</u>
	60 - 70	<u>2</u>	<u>2,8</u>
	120 - 130	4	1,4
BAM 4	5 - 10	<u>2</u>	<u>16,7</u>
	20 - 25	2	13,0
	40 - 45	<u>2</u>	<u>11,0</u>
	80 - 90	<u>2</u>	<u>3,1</u>
	160 - 175	4	0,7

Tableau - Variations parallèles du chroma
(en humide) et du rapport AF/AH dans 2 profils

Profils	Profondeur (cm)	Chroma	AF/AH
BAM 34	0 - 10	2	0,8
	10 - 15	2	0,8
	20 - 25	2	1,1
	30 - 35	2	1,6
	50 - 60	4	2
	90 - 100	6	2
BAM 35	5 - 10	2	0,9
	15 - 20	2	0,9
	30 - 40	6	1,7
	90 - 100	6	1,7

tière organique; la mise en culture aboutit fréquemment, pour des raisons d'ailleurs très variées (minéralisation, érosion...), à une baisse du stock de matière organique.

. L'érosion et le colluvionnement modifiant les répartitions latérales de la matière organique, les sols rajeunis sur trachyte ou basalte sont, quelle que soit l'altitude, moins riches en matière organique que les sols voisins et se situent, au-delà de 1.500m, à la limite du groupe humifère. Les sols sur colluvions (souvent colluvions des horizons A appartenant aux sols humifères voisins localisés sur pentes fortes) sont, sur une grande épaisseur, riches en matière organique.

. La structuration nette et fine ou la texture grossière de certains sols favorisent une incorporation biologique profonde de la matière organique. Celle-ci est associée aux faces des unités structurales (lessivage) des horizons B₁ à structure large (sols pénévulés) ou pénètre la masse de l'horizon quand ce dernier, massif, est doté d'une forte porosité tubulaire et interstitielle.

- Bien que les teneurs en matière organique varient considérablement d'un sol à l'autre (5 à 20 % entre 0 et 20 cm), tous ces sols sont, à quelques rares exceptions près, bien pourvus en matière organique.

- Le rapport C/N de l'ensemble des sols ferrallitiques reste cependant élevé : 15 à 25 entre 0 et 20cm, 10 à 20 à 1m de profondeur. Ce rapport traduit un ralentissement de la minéralisation comparativement à celle des sols ferrallitiques de basse altitude. Les valeurs les plus élevées sont relevées dans les sols peu évolués d'érosion humifère (C/N = 25), et les plus basses dans les sols hydromorphes (C/N < 15 à 20cm et < 10 à 1m).

- De fortes teneurs en matière organique compensent généralement ces rapports élevés du point de vue de la nutrition azotée des plantes.

. A 20cm on enregistre des moyennes de 3 à 8 ‰ d'azote dans les sols peu évolués d'apport, de 2 à 4 ‰ dans les sols humifères ou les sols typiques ou remaniés sur roches volcaniques, de 1 à 3 ‰ dans les sols typiques ou remaniés sur socle, 1 ‰ dans les sols rajeunis sur socle.

. A 1m de profondeur les taux sont fréquemment compris entre 0,5 et 1 ‰.

Les cinquante premiers centimètres du solum de ces sols donc dans l'ensemble riches à très riches en azote.

412.2 Réaction.

La réaction du sol est généralement acide : Le pH est dans de nombreux profils compris entre 5,0 et 5,5, il approche fréquemment 6,0 mais dépasse rarement cette valeur. Il est de même rarement inférieur à 5,0 et croît habituellement avec la profondeur.

Le pH des horizons de surface semble le plus bas dans les sols humifères sous forêt ou prairies, le plus élevé dans les sols typiques sur socle ou les sols sur colluvions, le plus variable dans les sols remaniés. Le pH des horizons de profondeur (1m) est le plus élevé dans les sols rajeunis (groupe), le plus faible dans les sols typiques. La mise en culture a pour effet fréquent un léger accroissement du pH en surface.

On pressent un rôle acidifiant de la matière organique mais on ne constate pas d'augmentation nette du pH au voisinage des horizons d'altération. Le pH semble croître au niveau de la zone de battement de nappe, aussi bien dans les sols de la classe hydromorphe que plus en profondeur dans les sols ferrallitiques du sous-groupe hydromorphe. Les pH, plus forts, des sols développés sur colluvions couvrant des replats situés au pied de falaises, sont à rapprocher d'une plus forte saturation du complexe d'échange.

L'assimilabilité des éléments nutritifs risque d'être perturbée par cette acidité même modérée (barrières critiques entre pH 5, 2 et 4,5 pour Al, Mn, N). De même on peut craindre une toxicité due à l'aluminium ou au manganèse.

412.3 Cations.

- La fraction argileuse et la matière organique sont responsables de la capacité d'échange des sols. Cette dernière est relativement importante en raison des taux élevés de matière organique.

La fraction argileuse abondante dans la plupart de ces sols est à gibbsite dominante dans les sols ferrallitiques sur matériaux d'origine volcanique, et à kaolinite prépondérante sur les matériaux d'origine granitique. Or la gibbsite n'a pas de capacité d'échange quant à celle de la kaolinite, elle n'est que de 8 - 10 mé/100g. La capacité d'échange de la matière organique qui, par contre, abonde particulièrement dans la plupart de ces sols (d'altitude), atteint des valeurs de l'ordre de 250 à 300 mé/100g. Ces quelques chiffres soulignent l'importance du stock de matière organique, dans la capacité d'échange des sols de la région.

On constate, du moins pour les sols non ou peu rajeunis, une corrélation assez nette entre la capacité d'échange et les taux de matière organique.

La relation (linéaire ?) établie montre également que la capacité d'échange d'un sol virtuellement dépourvu de matière organique n'atteindrait que 3 à 8 mé/100g environ; elle soulignerait le rôle secondaire joué par la fraction argileuse qui, après déferrification, atteint pourtant 80 % dans certains profils.

- Ces sols, bien que d'une capacité d'échange élevée, sont pour la plupart fortement désaturés. Il faut attribuer ce phénomène à l'intense lixiviation des éléments échangeables, consécutive à la forte pluviométrie. On peut alors craindre que le peu d'éléments fixés le soit énergiquement. Cette faible saturation est concrétisée par des teneurs en cations échangeables dépassant rarement 5 mé/100g dans les 20 premiers centimètres et 3 mé/100g au-delà d'1m.

- Il existe cependant des sols moyennement ou faiblement désaturés mais dont la plus forte saturation ne paraît pas devoir être attribuée à une zonalité climatique (latitudinale ou altitudinale).

Ce sont en particulier :

- . Certains sols rajeunis sur colluvions de bas de pente situés sur des replats ou des "glacis", ou pied de certaines falaises du massif trachytique par exemple. Leur saturation est liée à leur position topographique.

- . Les sols "pénévolués".

- . Les sols à blocs de basalte : la saturation du matériau fin ferrallitique semble liée à la proximité de blocs de basalte peu altérés.

Notons que le taux de saturation atteint quelquefois, dans certains horizons humifères, 10 à 20 % (il est inférieur à 10 % dans la majorité des sols) mais aucun indice morphologique n'est détecté. Enfin les taux de saturation varient souvent dans les sols peu évolués de 20 à 40 %.

- Les réserves minérales, théoriquement susceptibles de compenser les pertes par lixiviation des éléments échangeables, sont généralement faibles : environ 10 mé/100g dans les sols non rajeunis.

15 mé/100g dans les sols rajeunis.

Ces derniers sols présentent quelques exceptions : ainsi, si les sols affectés par un "rajeunissement morphologique" dominant, certains sols subissent aussi un "rajeunissement chimique". Nous rappelons deux cas :

- . Celui des sols pour lesquels ce "rajeunissement chimique" ne se traduit pas dans la morphologie. C'est généralement le cas des sols rajeunis sur matériaux trachytiques.

- . Celui des sols qui, malgré l'absence d'un rajeunissement morphologique tel que nous l'avons défini précédemment, sont susceptibles de contenir un taux de cations totaux élevé : il s'agit des sols "pénévolués".

- Soulignons cependant la légère supériorité dont jouissent à cet égard les sols ferrallitiques de cette région sur ceux profonds et fortement désaturés du Sud-Cameroun, par exemple :

- . Leurs réserves en cations totaux bien que qualifiées de faibles, sont cependant plus importantes, et la proximité des hori-

zons altérés doit théoriquement contribuer à la reconstitution des stocks d'éléments échangeables.

. Pour les raisons alléguées dans les généralités l'ensemble de ces sols sont fréquemment ^{rangés} dans la sous-classe des sols fortement désaturés; il existe cependant des sols moyennement et même faiblement désaturés, donc chimiquement plus favorables.

. Leurs fortes teneurs en matière organique contribuent, par le biais de la capacité d'échange, à maintenir leur fertilité potentielle à un niveau relativement élevé.

. Leurs déficiences chimiques sont en partie supportées grâce à un apport en eau et en oxygène très satisfaisant dans les horizons B.

- Ces caractéristiques ont pour incidence pratique la difficulté à entretenir une fertilité actuelle voisine de la fertilité potentielle : les éléments fertilisants apportés au sol risquent d'être rapidement entraînés s'ils ne sont pas fortement adsorbés. Des essais s'avèrent nécessaires pour juger des rôles antagonistes de la fixation et de la lixiviation et, conséquemment, pour déterminer les meilleures modalités de la fertilisation et de son fractionnement.

- Il est difficile de définir l'équilibre existant entre les différents cations :

. En surface le calcium domine généralement sur les autres cations échangeables. Les teneurs en calcium et magnésium sont fréquemment voisines en profondeur. Les teneurs en potassium, généralement faibles, peuvent égaler celles en magnésium dans les horizons de surface. Les teneurs en sodium révélées par l'analyse sont insignifiantes.

. Mais il peut arriver que l'équilibre des cations échangeables diffère de celui défini ci-dessus.

. Le magnésium prédomine largement sur les autres cations totaux; les taux de calcium et potassium, relativement plus faibles, varient considérablement d'un profil à l'autre (carence en Ca si $Ca \ll Mg$).

412.4 Le phosphore.

On constate qu'avec des teneurs en phosphore total souvent supérieures à 1 ‰, l'horizon humifère des sols sur matériaux d'origine volcanique est potentiellement riche en phosphore. Ces teneurs, bien que plus faibles, restent appréciables dans les sols issus du socle si on les compare à celles de sols du même type situés au Centre et au Sud-Cameroun. (Il faudrait en fait distinguer les fractions phosphore liées au Ca, Fe, Al, C et la fraction de P soluble).

412.5 Assimilabilité et accessibilité des éléments - Toxicité - Carences induites.

- Une analyse détaillée effectuée dans le cadre d'une étude pédologique classique serait, pour diverses raisons, particulièrement délicate : Elle doit être autant le fait d'observations sur le comportement des plantes que d'analyses de laboratoire. Or nous avons déjà signalé que les conditions d'une prospection pédologique ne permettraient pas une étude prospective exhaustive (par définition). Elle suppose de nombreuses analyses que n'exige pas la cartographie aux échelles demandées. Elle nécessite le dosage de tous les éléments. Or certains d'entre eux, dont les oligo-éléments, n'ont pas été dosés. Elle s'effectue souvent à l'aide de rapport de concentrations. Or les quantités mesurées sont souvent de l'ordre de grandeur de l'erreur d'analyse et les quotients établis peuvent fluctuer assez largement pour des variations absolues faibles des quantités mesurées. Elle varie selon le type de culture envisagée et elle suppose donc des cas particuliers : ainsi note-t-on pour le caféier une déficience en Mg si $Mg/K < 2$, on constate d'autre part que le bananier est atteint de la Maladie^{du} Bleu si $Mg/K < 3$ ou souffre d'une carence en potassium si $Mg/k > 20-25$. Si donc les valeurs relatives sont importantes, elles ont sur les cultures des effets différents.

- Nous nous limiterons donc à quelques généralités :

. Les éléments liés à la matière organique sont accessibles si, en rapport avec une désaturation poussée, ils ne sont pas trop énergiquement fixés.

. Nous ne pouvons nous prononcer sur le rôle exact joué par la fraction argileuse agglomérée dans les pseudo-particules.

. La ferruginisation fréquente d'éléments de roches a par contre pour effet d'emprisonner des éléments minéraux rendus ainsi inaccessibles à la plante. Rappelons ce que nous avons déjà signalé à ce propos, à savoir le pourcentage élevé de fragments de roche ferruginisée contenus dans les fractions sable et limon de certains sols. Or les extractions et dosages sont effectués sur la terre totale broyée. Quelle fraction des cations dosés est réellement assimilable ? Une réponse nécessiterait entre autre un dosage des éléments dans différentes fractions granulométriques. Or ce dosage n'est pratiquement pas effectué.

. Un rapport C/N > 20 est un peu trop élevé pour que la nutrition azotée soit très satisfaisante.

. Si les teneurs en phosphore total sont fortes nous ne pouvons émettre que des hypothèses quant aux formes de ce phosphore dont l'assimilabilité nous reste inconnue. Il est possible qu'en raison de ces taux élevés, peu de ces sols répondent aux engrais phosphatés.

. Le rapport N ‰ / P₂O₅ ‰, souvent supérieur ou égal à 2 entre 0 et 20cm, atteint 4 ou 5 dans certains sols humifères. Ces valeurs pourraient indiquer une assimilabilité somme toute assez moyenne du phosphore en regard des réserves. Mais les erreurs dues au mode de prélèvement et aux techniques analytiques dépassent souvent les variations présentées par le sol.

. Bien qu'à une diminution du pH corresponde généralement une réduction de l'assimilabilité des éléments, le pH ne doit pas être, dans la plupart de ces sols, à l'origine de déficiences graves. De plus l'acidité de ces sols n'est pas suffisamment forte, excepté dans certains horizons humifères sous forêt, pour entraîner des risques de toxicité.

. Nous avons noté à plusieurs reprises que le rapport Mg/K généralement inférieur à 20-25 était parfois inférieur à 2 dans les cinquante premiers centimètres de certains sols humifères sous forêt. S'il ne semble pas y avoir de risques de carence induite en K, il pourrait par contre en exister en Mg, ce qui poserait des problèmes pour le caféier ou le bananier par exemple.

42 - QUALITE INTRINSEQUE DES SOLS - UNE APPRECIATION SYNTHETIQUE
ET RELATIVE.

421 Difficulté d'un diagnostic exhaustif.

Trop de facteurs non exclusifs, concomitants et non comparables entrent en jeu pour que l'on puisse affirmer objectivement que tel sol est de "bonne" ou de "mauvaise qualité". Un sol peut d'autre part être jugé de bonne qualité pour un type déterminé de culture, et ne posséder que de médiocres propriétés pour un autre : nous n'envisagerions pas par exemple l'implantation de caféiers sur un sol hydromorphe favorable à la riziculture, ou la mise en place de rizières sur des sols ferrallitiques en pentes fortes du massif tra-chytique, exploitables par le caféier. Il est enfin possible d'obtenir pour différentes plantes, grâce à des techniques appropriées et des rotations convenables, des rendements élevés sur des terres aux caractéristiques très variées.

Le cultivateur pratiquant une agriculture de subsistance sur de très petites surfaces ne se soucie guère des rendements et ne comptabilise pas le travail fourni en regard des résultats acquis. En raison des fortes densités de population de la région, des faibles surfaces de terres encore inexploitées, du passage des exploitations de l'autarcie à l'économie d'échange.... l'agriculteur doit chercher à tirer le meilleur parti possible de son sol avec un minimum d'investissement financier ou humain. Dans cette perspective il existe des sols "meilleurs" et des sols "moins bons". Les meilleurs sols sont ceux qui, avec un minimum de risque, permettent d'envisager un maximum de cultures intensives. Les sols les moins bons offrent des possibilités d'utilisation restreintes et ne peuvent être soumis qu'à une culture extensive parce que présentant un certain nombre d'inconvénients majeurs. C'est généralement dans cette optique que le pédologue définit une échelle de la "qualité" des sols : les premiers sols sont qualifiés de sols de "bonne qualité", les seconds de sols de "mauvaise qualité"; entre ces 2 extrêmes toute une hiérarchie de sols intermédiaires est établie.

422 Hiérarchie des facteurs dans l'évaluation de la qualité.

Nous venons de définir les bases sur lesquelles est établie une échelle locale de la "qualité des sols". Nous avons rappelé aussi que de nombreux facteurs intervenaient dans la définition de cette qualité. De la confrontation de l'analyse pédologique et de la liste des éléments les plus importants de l'évaluation de la fertilité, on constate :

- . Que les diverses unités de sols se différencient nettement par la morphologie et les propriétés physiques et mécaniques en résultant.

- . Que les caractéristiques chimiques de ces sols fluctuent peu, d'un type à l'autre, à quelques exceptions près, et qu'elles se situent pour l'ensemble de ces sols à un niveau relativement bas.

- . Que la matière organique est, parmi ces caractéristiques chimiques, un élément essentiel de la fertilité potentielle des sols.

En conséquence la morphologie, également à la base de la cartographie, paraît l'élément déterminant dans la définition de la qualité des sols de l'Ouest-Cameroun à l'échelle des unités cartographiques. Les descripteurs les plus importants seraient alors :

- . La profondeur,
- . La texture et notamment la présence d'éléments grossiers abondants,
- . Le degré de variabilité des différents caractères morphologiques en fonction de la profondeur,
- . L'homogénéité latérale des profils, constatée ou supposée, compte tenu de l'échelle de la carte,
- . La matière organique.

Or la morphologie et plusieurs des caractéristiques qui lui sont liées, sont des facteurs difficilement modifiables alors que les caractéristiques chimiques peuvent être, dans une assez large mesure, améliorées. Ce qui donne à l'échelle un certain caractère

d'immuabilité dans le contexte actuel (dans le cas de cultures intensives certaines modifications chimiques peuvent atténuer les effets de mauvaises propriétés physiques).

Notons enfin que ces composantes constituent, dans leur expression la plus défavorable, des facteurs limitants pour toutes sortes de cultures, alors que le rôle des données chimiques varie assez fortement d'un type de culture à l'autre. Ce fait confère aussi un certain degré de polyvalence à l'appréciation relative de la qualité des sols.

Il ne faut pas cependant perdre de vue les restrictions à faire quant à la portée d'une telle appréciation.

43 - LES FACTEURS DE L'ENVIRONNEMENT.

Si les facteurs envisagés ci-dessus permettent d'apprécier la fertilité ou la "qualité" d'un sol, ils ne peuvent à eux seuls déterminer une aptitude culturale des sols. Cette dernière dépend étroitement de facteurs écologiques ou de facteurs d'environnement tels que le climat, le modelé, la roche-mère.... Parmi eux, certains sont des facteurs de pédogenèse et ont été étudiés à ce titre dans la première partie (exemple : conditions climatiques "ferrallitiques" et favorables à l'accumulation humifère). Leur influence sur l'aptitude culturale des sols s'effectue donc par le biais de la fertilité (cf. précédemment). Ils peuvent aussi exercer une influence directe sur le profil cultural (exemple : pluviosité responsable des variations du stock d'eau). Rappelons enfin qu'une troisième influence, directe sur la plante sort du cadre de cette étude : divers types de cultures pratiquées par exemple dans l'Ouest-Cameroun sont plus ou moins adaptées aux conditions climatiques locales (exemple : Thé en altitude - Cafés arabica au lieu de robusta).

Nous n'envisagerons donc dans ce paragraphe que le rôle direct des facteurs écologiques sur l'aptitude culturale des sols. Plus précisément nous analyserons les résultantes de plusieurs facteurs combinant souvent leurs effets.

431 L'érosion.

L'érosion peut être considérée à plusieurs niveaux et ses formes sont fonction de divers états d'équilibre (végétation - pluies, pente et sols - réseau, etc...). Nous ne considérons ici que l'érosion appréciable à l'échelle du champ donc celle que l'agriculteur peut limiter sinon empêcher par une action individuelle.

Les précipitations atmosphériques et leur ruissellement sont à l'origine de cette érosion conditionnée par différents facteurs : la nature du sol, la pente, la végétation, l'homme. Cette érosion pluviale se traduit par plusieurs effets mécaniques ou chimiques. L'importance du phénomène dans la région mériterait un long développement débouchant inévitablement sur l'énoncé de principes de la conservation des sols, mais manquant de données pour argumenter cette analyse nous ne rapporterons que des faits d'ordre général.

431.1 Les causes.

Les précipitations atmosphériques sont à l'origine de l'érosion du sol. L'étude de leur action implique l'étude de la relation entre hauteur, intensité, fréquence des pluies, ruissellement, et érosion.

Il existerait en zone tropicale une relation directe entre la hauteur des pluies et l'érosivité pluviale. Rappelons à ce sujet la forte variabilité des hauteurs de pluies dans la région (ex.: moyennes 1.590mm à NDOP, 1.800mm à BAFOUSSAM, 2.600mm à BAMENDA, probablement plus de 3.000mm sur les pics).

L'action battante des gouttes d'eau, qui provoque la désagrégation des agrégats superficiels, est une source importante d'éléments fins entraînés. Ceux-ci obstruent les pores de surface et accroissent donc la hauteur d'eau ruisselée.

L'énergie cinétique des gouttes d'eau joue un rôle primordial dans la détachabilité du sol. Or la taille et la vitesse de chute des gouttes, éléments dont dépend cette énergie cinétique, sont d'autant plus grandes que les pluies sont intenses. Des mesures effectuées par la Section d'Hydrologie de l'ORSTOM dans la plaine de NDOP indiquent que les intensités les plus fortes sont surtout obser-

vées en début de saison des pluies c'est-à-dire à une période où les conditions de saturation du sol sont les plus défavorables au ruissellement. On considère généralement que les pluies sont érosives lorsque l'intensité pluviale maximum instantanée dépasse 75 à 120mm/h. Or des pluies d'intensité comprises entre 150 mm/h pendant 15' et 50mm/h pendant 1 h. sont fréquentes.

431.2 Les facteurs conditionnant l'érosion.

4312.1 La nature du sol.

- La texture assez sableuse en surface de certains sol sur granite les rend relativement sensibles à l'érosion : leur mise en culture est notamment responsable de leur grande instabilité structurale.

- La formation de pseudo-particules, résistantes à la dispersion effectuée lors de l'analyse granulométrique, est un élément favorable à la stabilité structurale de nombreux sols de la région, et notamment de ceux développés sur matériaux volcaniques basiques (nombreuses pseudo-particules de la taille des limons grossiers ou des sables).

- Une diminution de perméabilité, conséquence directe de l'instabilité structurale, exacerbe l'érosivité des pluies.

- La matière organique est un facteur important de la structuration des horizons superficiels. En outre elle intervient en augmentant leur porosité, leur perméabilité et leur capacité de rétention pour l'eau. Mais nous avons signalé aussi une certaine pulvérulence de nombre d'horizons humifères trop ou mal travaillés. Rappelons outre le rôle de la matière organique celui, plus limité ici, de la composition chimique (floculation par les bases).

4312.2 La pente.

La pente conditionne largement l'érosion du sol. Or les pentes supérieures à 20 % sont très fréquentes. Mais précisons :

1° - qu'une érosion intense survient en toute inclinaison si le sol est mal protégé;

2° - que si la pente ne joue qu'un rôle réduit dans le déclenchement du phénomène d'érosion par l'énergie cinétique des gouttes d'eau, en regard de celui joué par l'intensité des pluies, elle exerce par

contre une influence très marquante sur le développement de cette érosion.

4312.3 La végétation - L'homme.

Il est bien connu que la végétation a un rôle modérateur sur l'érosion. Ce dernier revêt 2 formes :

- Une forme directe :

. en absorbant une partie de l'énergie cinétique des gouttes d'eau par l'intermédiaire des parties aériennes, la végétation réduit le battage du sol;

. en favorisant un écoulement préférentiel de l'eau le long de ses racines.

- Une forme indirecte :

. Par le biais de la matière organique apportée au sol (nous venons de rappeler le rôle important joué par la matière organique dans l'amélioration de la structure et des propriétés physiques qui lui sont liées). Or la majorité des sols de la région contiennent plus de 5 % de matière organique dans les 10 premiers centimètres de leur profil.

La forêt est la formation la plus conservatrice. Le rôle protecteur des savanes, des prairies ou des jachères est très variables suivant leur nature et la densité de couverture (cf. facteurs du milieu). La mise en culture est un important facteur d'érosion : mise à nu du sol pendant une partie de l'année, risque d'une faible densité de couverture du sol, souvent application de techniques culturales qui ne tiennent pas compte de la conservation du sol. Toute utilisation irrationnelle du sol aggrave l'érosion. Un travail intensif du sol favorise nettement plus l'érosion que l'application de techniques culturales remuant peu le sol.

431.3 Les effets de l'érosion.

L'érosion, en s'accroissant, peut présenter plusieurs phases successives (ce schéma théorique, ne correspond pas toujours à la réalité ex. : les lavakas sont par exemple des formes de ravine-ments qui n'ont pas toujours été précédées des autres phases érosives).

- Le "splash" : c'est le choc de la pluie sur le sol. Il constitue l'érosion élémentaire qui aboutit à la désagregation des particules du sol.

- Le ruissellement diffus ou en nappe : il s'effectue par un réseau serré de filets anastomosés ou de fines rigoles de quelques centimètres de largeur qui peuvent entraîner des particules de 0 à 200 μ . Il provoque une érosion en feuillets.

- Le ruissellement en rigoles : ces rigoles généralement en forme de "V", ont des dimensions décimétriques. Ce ruissellement est à l'origine d'une érosion en griffes.

- Le ruissellement en ravines et torrents dont les dimensions vont de 50cm à plusieurs mètres.

Notons que si les effets mécaniques de l'érosion sont prépondérants les effets chimiques ne sont pas négligeables : l'érosion occasionne d'importantes pertes en éléments fertilisants.

432 Le modelé.

S'il conditionne l'érosion par l'intermédiaire des pentes, il joue aussi un rôle notoire dans l'aptitude des terres à être cultivées, en intervenant sur :

- l'accessibilité des terrains,
- la forme et la taille des champs,
- les possibilités de mécanisation,
- la nature et l'importance des moyens de production à mettre en oeuvre.

433 La végétation.

Elle intervient sur l'aptitude culturale des sols par le biais de la protection du sol contre l'érosion mais aussi :

- par l'ombrage qu'elle est susceptible de fournir aux cultures (caféiers notamment),

- par la protection directe des cultures contre les agents atmosphériques (brise-vents par exemple),

- par les travaux nécessaires à son élimination dans le cas d'un défrichement précédent une mise en culture.

434 L'homme.

Parmi les facteurs écologiques agissant sur la fertilité des sols, le facteur humain est primordial. Dans une région à forte densité de population, l'emprise humaine peut modifier fondamentalement l'écologie d'un lieu : il en résulte une influence complexe de l'homme sur la fertilité des sols. On distingue différentes formes d'intervention dont les effets sont multiples. Rappelons les plus importants de la région.

434.1 Le défrichement.

L'effet du défrichement sur le support pédologique s'exprime à 3 niveaux (ROOSE 1971) :

1° - En détruisant et brûlant la végétation il réalise une minéralisation accélérée de la matière organique. La pratique du feu revêt plusieurs formes :

. Brûlis à la surface du sol ou entre les billons de la culture précédente (essartage). Les cendres sont ensuite mélangées à la terre ou simplement recouvertes de terre.

. Brûlis dans le sol (écobuage) : les herbes ou les résidus de culture préalablement enfouis dans des billons sont ensuite brûlés.

Cette pratique du feu fait l'objet de nombreuses controverses. Il semble en fait que ses effets néfastes dépendent plus de son usage abusif que du principe lui-même (du moins à l'échelle humaine ou de la région, car il semble qu'à l'échelle des continents ou à une échelle multiséculaire, cette pratique est une catastrophe écologique).

Le feu : - donne un "coup de fouet" à la fertilité du sol au moment des plantations,

- est un moyen de lutte contre de nombreux ennemis des cultures,

- est un procédé rapide et peu coûteux de défrichage,

Mais : - il est souvent la cause d'un gaspillage d'éléments fertilisants minéraux ou organiques par érosion pluviale, lixiviation, ou entraînement par le vent,

- il est un facteur d'aggravation de l'érosion car il parfait la dénudation du sol,

- il détruit fréquemment, en se propageant, la couverture végétale de terres dites de protection c'est-à-dire de terres non destinées à la culture,

- il transforme en brique un volume variable de terre, notamment lorsque le brûlis est effectué dans le sol...

Les incendies, en forêt humide, sans tapis graminéen et à sous-bois humide, sont pratiquement inexistantes. Par contre la pratique du feu pastoral et du brûlis avant culture est courante dans la région.

Les feux pastoraux sont plus ou moins dommageables suivant qu'ils sont pratiqués en début de saison sèche ou en début de saison des pluies et qu'ils sont sauvages ou contrôlés (cf. conservation des sols).

2° - Il perturbe considérablement l'organisation des horizons superficiels, modifie localement l'équilibre écologique et soustrait au sol une partie de son potentiel de fertilité.

3° - Il dénude le sol donc augmente l'emprise des agents climatiques dégradants :

- températures élevées et variations de température,

- évaporation,

- battage par les pluies,

- ruissellement.

ROOSE rappelle que les effets de ces interventions sont variés suivant :

- la technique de défrichage : le défrichage manuel effectué dans la région n'a pas les effets catastrophes d'un défriche-

ment mécanisé. En outre :

- . Il est pratiqué en saison sèche : l'agriculteur aurait théoriquement le temps d'appliquer des mesures conservatrices avant les premières averses;

- . Il laisse de nombreux débris à la surface du sol et la majeure partie des systèmes racinaires en place;

- . Il ne décape pas les horizons humifères, autrement dit il provoque des perturbations souvent corrigibles.

- Le mode d'utilisation qui suit ce défrichement : la réaction du sol au défrichement est différente selon que la culture est annuelle ou pérenne, traditionnelle ou mécanisée, et suivant les techniques culturales employées.

434.2 Le sur-pâturage.

Divers auteurs ont souligné les effets néfastes du sur-pâturage. Outre les modifications qu'il apporte aux caractéristiques phyto-sociologiques, et qui se répercutent sur le sol (protection moins efficace notamment), le sur-pâturage a des effets directs sur les caractéristiques des horizons superficiels. Nous rappellerons :

- . Le tassement et le développement d'une structure polyédrique ou d'une sur-structure lamellaire : lamelles dures, imperméables, non prospectées par les racines, ou agrégats polyédriques, de tailles variables et peu fragiles. Ces effets limitent l'infiltration et accroissent l'érosivité de l'eau pluviale.

- . L'apparition de plages discontinues de sables ou pseudo-sables déliés.

- . Le déchaussement des touffes d'herbes.

Mais : - Seul l'élevage bovin est pratiqué dans la région à l'exception de quelques unités de caprins au voisinage des villages). Or cet élevage est le moins nocif pour la végétation.

- Les méfaits du sur-pâturage ne sont pas constatés partout. Ils sont critiques aux points de rassemblement du bétail :

- . Pistes à bétail,
- . Campements,
- . Abords des points d'eau.

Lorsque les animaux sont maintenus en ces points névralgiques on constate non seulement les effets mentionnés ci-dessus mais

aussi l'absence de semis naturel, le remplacement d'espèces couvrant le sol (*Hypparrhenia*) par des espèces assurant une faible protection (*Sporobolus*, *Panicum* puis plantes vivaces), la substitution de plantes non consommables aux plantes qui le sont.

Néanmoins, le sur-pâturage joue actuellement un rôle moindre dans l'érosion des sols de cette région que dans celle des sols de l'ADAMAOUA plus anciennement sur-pâturés.

434.3 Le travail du sol.

En zone tempérée, le travail du sol joue un rôle essentiel dans la conservation du profil cultural et parfois même dans sa création. Dans la région étudiée, comme dans toute la zone intertropicale, le travail du sol se résume souvent à quelques binages et billonnages. En raison de l'agressivité du climat notamment, des techniques défectueuses ou appliquées au mauvais moment, peuvent entraîner une importante dégradation du potentiel de fertilité des sols. Les effets sont multiples. Rappelons quelques-uns parmi les plus importants.

- Les effets physiques : A diverses reprises nous avons observé des phénomènes de tassement, de dégradation de la structure, de perte de cohésion des horizons travaillés, de discontinuités dans l'enracinement et l'humidité au niveau de la transition entre horizons travaillés et horizons non perturbés.... En outre la mise en culture semble favoriser l'entraînement des parties fines (appauvrissement). Nous rappellerons l'érosion provoquée ou accentuée par cette mise en culture.

Mais on ne constate pas, sauf exceptions, de dégradation complète de la structure; il y a presque toujours assez de matière organique et les pseudo-particules sont généralement **suffisantes** pour assurer une structuration sinon très bonne (sols humifères sous forêt) du moins satisfaisante.

- Les effets hydriques : Les modifications précédentes se répercutent, directement, ou indirectement, par le biais des modifications apportées à la végétation (cf. facteurs du milieu), sur l'infiltration et l'évaporation.

Rappelons à cet effet la sensibilité, à la dessiccation de saison sèche, des sols ferrallitiques de la région. Mais nous n'avons aucune donnée chiffrée concernant l'impact de la mise en culture sur le bilan hydrique.

- Les effets biologiques sont surtout liés aux modifications du couvert végétal. Mais on observe peu d'édifices biologiques dans ces régions d'altitude, y compris dans les secteurs travaillés par l'homme.

- Les effets chimiques : Nous avons constaté à moyenne altitude (< 1.500 m), une diminution du stock de matière organique, consécutive à la mise en culture. Celle-ci serait moins sensible à haute altitude. Par contre la forte désaturation n'est pas d'origine anthropique : les sols les plus désaturés sont généralement situés sous végétation naturelle alors que certains sols parmi les plus saturés sont localisés sous cultures.

434.4 Les exportations.

Les cultures vivrières ou arbustives exportent une quantité variable d'éléments minéraux, donc, affaiblissent le potentiel chimique des sols.

44 - PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'UTILISATION DES SOLS ET CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE.

On ne peut établir une carte des aptitudes culturales des différents types de sols recensés en ne tenant compte que de leurs potentialités respectives et des facteurs de l'environnement. Il ne faut pas perdre de vue certains grands principes de la conservation des sols et il faut se soucier du contexte écologique et socio-économique local.

1° - Nécessité de maintenir un certain équilibre biologique à l'échelle de la région par une utilisation rationnelle des terres : Il s'agit d'un équilibre entre la répartition des terres destinées aux cultures (terres de production) et de celles devant rester sous végétation naturelle pérenne, conservatrice des sols, donc de l'équilibre biologique (terres de protection). Tout programme de dévelop-

pement devrait garantir un tel équilibre à l'échelle de la région. On estime par exemple que la forêt et/ou la prairie devraient occuper environ 30 % des terres dans les régions propices à leur développement. Il ne s'agit bien sûr que d'une valeur indicative qui dépend notamment de la position topographique de ces peuplements et de leur exploitation éventuelle (exploitation forestière, pâturage...). Les effets très néfastes de l'exploitation abusive des peuplements de protection (défrichement, sur-pâturage...) sont déjà sensibles dans de nombreux secteurs proches des zones de forte concentration humaine, ou des points de rassemblement du bétail.

2° - Nécessité d'apporter des correctifs tenant compte du contexte technique et socio-économique régional.

De nombreux changements affectant les facteurs de production peuvent compromettre l'équilibre précédent. Citons parmi les plus caractéristiques de la région :

- La pression démographique : L'Ouest-Cameroun est avec le Nord une région très peuplée. Nous rappelons à ce propos la moyenne de 80 hab/km² dans l'arrondissement de BAMENDA et de 158 hab/km² dans le district de BALI. Une conséquence directe est la nécessité de mettre en culture des terres qui, dans d'autres régions, seraient considérées comme terres de protection : On estime généralement que les terres ne peuvent être cultivées qu'au prix de lourds investissements sur des pentes supérieures à 12 %, et que ces terres constituent le domaine normal des pâturages et de la forêt lorsqu'elles sont situées sur des pentes supérieures à 20 %. Or nombreuses sont les pentes supérieures à 12 % et à 20 %. La carte des aptitudes culturales doit obligatoirement envisager dans cette région la culture manuelle de sols situés sur pentes supérieures à 20 % et insister en contre-partie sur la nécessité de prendre des mesures efficaces pour leur conservation.

- Les migrations locales de populations : nous avons brièvement abordé les problèmes de ces migrations, de la colonisation des terres inoccupées, de la concentration des populations autour de certains centres, et relevé quelques caractéristiques de l'habitat. Une étude socio-économique déterminerait avec précision les composantes de ces mouvements de population. Leur appréciation donne toute leur

valeur, à l'évaluation de l'aptitude des terres encore inoccupées, et à l'énoncé de principes d'application des procédés de lutte contre l'érosion.

- Le niveau de développement : La population locale, essentiellement rurale, la démographie croissante et le besoin immédiat de nourriture, concourent à l'extension rapide des surfaces destinées aux cultures vivrières au détriment des jachères et des terres réservées à la protection, ou même à l'élevage (cf. facteurs du milieu). Une cause (et/ou une conséquence) indirecte de cette extension est la stagnation des techniques et des rendements qui se traduit par la nécessité de défricher toujours plus de terres pour satisfaire les besoins. La carte des aptitudes culturales doit localiser les terres susceptibles de supporter une culture intensive et de rentabiliser les techniques culturales appropriées, donc permettre de ralentir et d'organiser l'extension anarchique des cultures.

- Le degré de perfectionnement des techniques : Jusqu'alors l'agriculture était uniquement manuelle et s'accommodait de positions topographiques très variées. Une culture industrielle, moderne et mécanisée est, par contre, beaucoup plus exigeante sur la configuration des terrains. Il va sans dire que les perspectives offertes par la carte des aptitudes culturales sont différentes selon le mode de culture envisagée.

- Séparation de la culture et de l'élevage : Ce facteur est essentiel dans la région. Le partage, qui obéit plus à des critères sociologiques qu'agronomiques, ne tient nullement compte de l'aptitude culturale des sols. Ainsi certaines surfaces aptes à supporter une culture intensive sont-elles couvertes de pâturages alors que d'autres aires, actuellement cultivées, pourraient être réservées au pâturage moins exigeant. Notons cependant que dans cette région montagneuse on ne constate pas de trop grands écarts entre l'utilisation actuelle et celle proposée, car les prairies se développent en altitude, dans un paysage généralement accidenté, voire même fortement accidenté, dans lequel les sols, généralement rajeunis sur pentes fortes, sont par ailleurs peu aptes à la culture.

Mais si la carte des aptitudes culturales peut intégrer d'une façon relativement rigoureuse les facteurs limitants liés aux

sols ou à leur environnement elle peut plus difficilement tenir compte de données socio-économiques dont les effets ne sont qu'appréhendés. Ces données interviennent plus au niveau de l'utilisation de la carte des aptitudes culturales que dans son établissement.

Les classements des terres adoptés dans l'Ouest-Cameroun sont donc plus physiques et statiques (c'est-à-dire fondés sur les caractéristiques du milieu) qu'économiques et dynamiques (c'est-à-dire fondés sur les résultats de l'utilisation du milieu et leur évolution). Ces classements ont l'avantage d'être permanents.

45 - LES CLASSES D'APTITUDES CULTURALES.

Rappelons qu'il n'y a pas de vocation des sols au sens strict du terme. On ne peut que définir des aptitudes qui se mesurent au nombre d'obstacles à surmonter pour qu'un sol puisse porter "avec succès" un certain type de culture. La carte des aptitudes culturales constitue un cadre dans lequel viendront s'inscrire les observations des agronomes.

Le pédologue à qui l'on confie l'établissement d'une carte d'aptitudes culturales poursuit 2 buts principaux : l'utilisation agricole du sol et la lutte contre l'érosion. Il essaie de choisir les critères les plus "permanents" afin de garantir une valeur à long terme à la carte des aptitudes culturales. La demande de l'utilisateur n'étant pas souvent axée sur un mode d'utilisation déterminé, il doit utiliser un système de classement caractérisant les terrains par des paramètres simples ayant une signification dans un grand nombre d'utilisations. Le classement adopté est de type ordonné c'est-à-dire qu'une hiérarchie a été établie entre les classes. La plupart des critères de classement sont des éléments descriptifs du milieu, certains sont mesurables (profondeur, teneur en matière organique...) d'autres sont ordonnables (intensité de l'hydromorphie, certains caractères de structure...). Le classement proposé n'est que l'expression d'un jugement empirique et imprécis, basé sur une évaluation du rôle de chacun des critères précédents.

Insistons enfin sur le fait que ce classement a pour but de guider l'utilisateur dans le choix de ses interventions et des moyens

à mettre en oeuvre pour les réaliser, et non d'imposer un plan d'utilisation préconçu.

La classification G. AUBERT et F. FOURNIER (1955) est fréquemment adoptée. Elle propose 6 classes (I à VI) de sols pouvant porter des cultures.

5. AMELIORATION ET CONSERVATION DES SOLS -
QUELQUES PRINCIPES GENERAUX.

Il ne s'agit pas pour nous de proposer des solutions techniques, inadaptées à l'échelle des cartes. A la lumière de nos observations, et en guise de conclusion sur le chapitre des aptitudes culturales, nous releverons plutôt quelques principes généraux de conservation des sols et définirons les grands types de travaux qu'il semble nécessaire d'entreprendre.

Nous avons vu que l'utilisation rationnelle des terres en fonction de leur aptitude conduisait à opposer les terres de production destinées aux cultures, aux terres de protection laissées sous végétation généralement naturelle. Les terres cultivables sont celles qui, situées sur des pentes généralement faibles, offrent une certaine résistance à l'érosion, ou peuvent tout au moins rentabiliser des mesures anti-érosives, et dont les qualités intrinsèques permettent de prévoir une exploitation "rentable". Les terres à laisser sous protection naturelle sont celles dont l'intérêt économique n'est pas évident, en raison de facteurs limitants liés aux caractéristiques des sols (épaisseur, éléments grossiers notamment), des fortes pentes, d'une intense érosion actuelle ou prévisible, que seuls des ouvrages coûteux et non rentables pourraient enrayer. Nous avons souligné que le contexte socio-économique local pouvait modifier quelque peu ce schéma.

51 - RÔLE DE LA PENTE.

Comme nous avons pu le constater, la pente conditionne largement le classement et l'utilisation des terres. Pour situer le cadre dans lequel s'inscrivent les divers principes d'application des procédés de lutte contre l'érosion, rappelons les grandes catégories de pentes généralement distinguées (Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères 1969).

- "De 0 à 2 ou 3 % de pente : terres susceptibles d'être cultivées par toutes les méthodes. Les mesures culturales les plus soignées doivent normalement suffire pour les protéger de l'érosion...

- De 2 ou 3 % à 12 % de pente : terres se prêtant à une agriculture très développée et variée (culture mécanisée notamment), mais les mesures culturales ne suffisent généralement pas pour les protéger de l'érosion durant les périodes où elles peuvent se trouver totalement dénudées.... Il faut prévoir en plus un réseau anti-érosif d'infrastructure mécanique....

- De 12 % à 20-25 % de pente : terres pouvant être cultivées mais toujours au prix d'importants ouvrages anti-érosifs.... Si les conditions socio-économiques le permettent, ces terres conviennent mieux aux prairies ou éventuellement aux boisements lorsqu'elles sont particulièrement sensibles à l'érosion.... Seule la pression démographique impose la culture vivrière de telles terres....

- De 20 à 25 % de pente et au-dessus : terres constituant pour les sociétés évoluées le domaine normal des pâtures et des bois, en cas de forte pression démographique la culture manuelle peut y être envisagée".

52 - CONSERVATION DES TERRES DE PROTECTION.

Elle doit assurer la permanence de la couverture végétale en luttant contre les dégradations causées par l'homme.

521 La forêt.

Il s'agit ici de forêt dense humide qui assure une couverture totale du sol pendant toute l'année. Elle occupe surtout les crêtes et la partie supérieure des bassins versants. Son rôle est donc primordial : elle facilite la lutte contre l'érosion aux échelons inférieurs du bassin versant.

Les risques d'incendie sont, dans ces forêts, inexistantes. Par contre on assiste à un début de défrichement, dont nous avons déjà examiné les effets néfastes. L'abattage du bois est aussi dommageable. Il faut donc :

- Combattre ces défrichements "afin de prévenir leur extension et leur répétition qui finiraient par compromettre la pérennité des peuplements";

- Prévoir une réglementation stricte de l'exploitation forestière;

- Assurer une reconstitution des forêts défrichées : Un reboisement pourrait être entrepris avec des espèces peu exigeantes telles que l'Eucalyptus ou certains Conifères (déjà introduits).

Rappelons l'existence de haies entourant souvent les champs disposées suivant les courbes de niveau en tant que moyen anti-érosif ou brise-vent pour certaines plantations.

522 Savanes et prairies.

Nous avons noté que les feux et la pâturage étaient les deux principaux facteurs de dégradation de ces formations.

522.1 Le feu pastoral.

Il a théoriquement pour but d'éliminer les grandes herbes sèches impropres à l'alimentation du bétail et de favoriser le développement de jeunes repousses à plus haute valeur nutritive.

Dans la région les feux sont surtout pratiqués en début de saison sèche et sont sauvages c'est-à-dire pratiqués sans contrôle, généralement à des fins pastorales.

Il serait illusoire d'interdire les feux, dont la pratique n'est pas réfutée par tous les spécialistes.

Il est cependant souhaitable de veiller :

- à leur contrôle et à la limitation de leur extension,
- à ce qu'ils ne soient pas trop tardifs afin de limiter les dégâts.

522.2 Le pâturage.

Nous ne reviendrons pas sur les effets du sur-pâturage. De nombreuses mesures, auxquelles s'opposent des habitudes ancestrales, devraient être prises.

La prairie ne jouera entièrement son rôle de protection que lorsqu'un pâturage réglementé et un gardiennage des troupeaux seront imposés. Ces mesures constitueraient une première étape.

Il faudrait en particulier prévoir un aménagement des parcours en :

- Assurant une répartition homogène du bétail;
- Limitant la charge en bétail : charge moyenne annuelle et charge instantanée (troupeaux transhumants). Une expérimentation est nécessaire afin de trouver le meilleur équilibre sol-végétation-bétail en fonction de données telles que le climat, l'époque de pâture, les impératifs de la nutrition, les améliorations techniques possibles....
- Mettre en défens, pendant plusieurs années, certaines zones très dégradées. Cette méthode simple et peu coûteuse, est efficace sur de petites surfaces.

Dans une deuxième étape pourrait être envisagée une modification du mode d'exploitation : remplacement du système de pâturage ouvert avec parc de nuit, pratiqué dans la région, et qui constitue déjà un progrès par rapport au pâturage ouvert, par un système de ranching qui rationalise notamment l'utilisation du pâturage.

Dans une troisième étape, plus difficilement envisageable parce qu'impliquant des méthodes coûteuses, pourraient être entrepris une reconstitution artificielle des pâturages, un travail du sol, une fumure, l'introduction de plantes fourragères. Cet ensemble de mesures devrait être assorti de précautions conservatoires très strictes.

523 Aménagement des prairies.

L'importance de l'élevage, les limites à son extension imposées par la concurrence des cultures, la **surcharge** de bétail qui en résulte, avec tous les risques d'érosion que cela comporte... devraient motiver un programme d'aménagement dont les objectifs principaux pourraient être :

- D'améliorer les prairies existantes en essayant si possible d'exploiter au maximum les potentialités des sols pour des espèces à haut rendement;
- De protéger le sol contre l'érosion en multipliant les espèces qui assurent une bonne couverture du sol par leurs feuilles, et limitent le "creep" grâce à un système racinaire dense et profond;

- D'introduire ou de faire proliférer des plantes de jachères qui reconstitueraient rapidement le potentiel organique, support essentiel de la fertilité de ces sols.

Ce sont autant d'objectifs qui visent tous à restaurer le sol et à en assurer une meilleure utilisation en évitant les effets fâcheux déjà observés, dûs à une exploitation irrationnelle et immodérée.

Quelques données écologiques.

- Le genre *Hyparrhenia* domine quelle que soit l'altitude;

- Le sur-pâturage et une **surcharge** de bétail à une altitude supérieure à 1.700m favorise le développement du genre *Sporobolus*. A plus basse altitude un amincissement de la couverture herbeuse des sols accroît considérablement les dangers d'érosion;

- Au-dessus de 1.700m on a rencontré plusieurs variétés locales de trèfles, dont la prolifération ne semble exiger qu'une lumière suffisante. Ces prairies sont également occupées par de nombreuses légumineuses dont la multiplication pourrait être intéressante. A cette altitude on observe un ralentissement de croissance et un plus faible développement des parties aériennes : la température plus basse réduit l'activité biologique du sol d'où un amoindrissement du stock d'azote utilisable (C/N élevé).

- La saison humide relativement longue n'est pas un obstacle au bon développement de toutes les espèces.

- Parmi les pâturages africains, les prairies d'altitude de l'Ouest-Cameroun ayant un haut rendement en fourrage devraient théoriquement pouvoir supporter 0,4 à 0,8 UGB/Ha (BRUNT & HAWKINS 1965).

L'érosion.

L'intensité de l'érosion, étroitement liée à la structure des prairies se manifeste notamment sur les sols développés sur socle, plus sensibles à une dégradation de la couverture herbacée que les sols humifères d'altitude, très poreux et bien structurés en surface.

Alors qu'Hyparrhenia se présente en touffes pouvant atteindre 2 m de haut et que ses feuilles couvrent presque complètement le sol entre les pieds, limitant ainsi l'effet défavorable de l'impact des gouttes d'eau sur le sol, Sporobolus, au port plus vertical et de hauteur plus réduite (30cm) laisse un sol quasi dénudé entre les touffes. Sous les touffes d'Hyparrhenia il est possible d'observer une couverture formée des débris de feuilles, et entretenue par une certaine abondance des parties aériennes, alors que Sporobolus ne produit que très peu de débris déposés à la surface du sol. Il faut cependant noter en saison humide, l'apparition d'une végétation rampante entre les pieds de Sporobolus, mais cette dernière est si sensible au piétinement qu'elle disparaît dès le début de la saison sèche.

D'autre part une prairie à Hyparrhenia a une densité de végétation supérieure à celle d'une prairie à Sporobolus.

Rappelons enfin qu'à moyenne altitude, la disparition d'Hyparrhenia n'est pas obligatoirement suivie de l'apparition de Sporobolus. Une exploitation excessive des prairies entraîne une diminution très sensible du taux de couverture du sol et accroît considérablement les risques d'érosion.

Suggestions.

BRUNT & HAWKINS font plusieurs suggestions sur les espèces à introduire et proposent un programme d'amélioration pastorale. Nous nous contenterons de rappeler certaines de leurs conclusions concernant les "Hauts Plateaux" (High Lava Plateau de 1.700 à 2.300 m) : ces auteurs suggèrent notamment quatre projets fondés sur quatre faits d'observation :

- Les rendements prometteurs de "l'herbe de Kikuyu",
- L'utilisation de cette herbe pour le bétail, prolongée en saison sèche,
- Les performances de 4 trèfles locaux,
- La sélection d'une herbe à forte capacité de régénération du stock de matière organique après culture : Seteria anceps est proposée à cet effet.

Ils ne recommandent cependant pas "l'herbe de Kikuyu" en tant que régénérateur des terres cultivées en raison des difficultés d'arrachage si une remise en culture est envisagée et rappellent à ce propos des difficultés rencontrées à la SINCOA et à SANTA COFFEE ESTATE pour éliminer cette herbe.

Ils préconisent la propagation de "l'herbe de Kikuyu" dans les sites suivants :

- Sites où l'érosion en nappe est active,
- Aires de forte concentration en bétail et lieux de passage des troupeaux transhumants,
- Zones où les fougères dominent,
- Prairies où prédomine Sporobolus (dont seules les jeunes pousses sont appréciées du bétail, alors que "l'herbe de Kikuyu" présente de multiples qualités pour l'alimentation du bétail).

53 - CONSERVATION DES TERRES CULTIVEES.

Les procédés de conservation peuvent se classer en :

- Procédés biologiques,
- Procédés mécaniques,
 - . Façons culturales,
 - . Travaux de terrassement.

531 Procédés biologiques.

Si les procédés mécaniques ont un résultat plus spectaculaire que les procédés biologiques, le rôle de ces derniers n'est pas négligeable dans la lutte contre le ruissellement. Ces procédés ont surtout pour but de diminuer la susceptibilité des sols à l'érosivité pluviale.

Ils visent à :

- Une occupation maximum du sol, dans le temps et dans l'espace, qui fait obstacle à l'impact des gouttes d'eau et au ruissellement,

- Un maintien, un accroissement ou une reconstitution du stock de matière organique, support essentiel de la fertilité des sols de la région, et facteur important de leur perméabilité et de leur résistance à l'érosion.

Ces procédés biologiques, assortis de quelques façons culturales, peuvent assurer une bonne protection des sols sur pentes faibles.

531.1 Cas des cultures annuelles.

Il s'agit de méthodes classiques :

1° - Occupation maximum du sol.

- Si la rotation culturale est souhaitable du point de vue du maintien ou de l'amélioration de la fertilité, elle favorise aussi la conservation des sols en entretenant la stabilité structurale et en permettant une régénération des stocks d'humus (jachères).

- Les cultures protègent plus ou moins le sol : cette protection est fonction de la vitesse de croissance des plantes, du développement de leur système racinaire, de la densité des parties aériennes, des façons culturales, de l'état de la couverture du sol au moment des pluies les plus intenses (début de saison des pluies).... Les plantes sarclées notamment (maïs, manioc, pomme de terre...), assurent une mauvaise protection du sol.

Plusieurs solutions peuvent être proposées :

. Inclure une jachère régénératrice dans la rotation. Or, dans la région, les jachères sont de courte durée (généralement de 3 ans), en raison de la pression démographique. Une amélioration de la qualité de ces jachères doit être recherchée (voir plus loin).

. Prévoir un engrais vert, mais cette pratique coûteuse n'a pas cours dans la région.

. Insérer dans la rotation des associations à base de légumineuses, régénératrices du stock de matière organique et amélioratrices de la stabilité de structure. L'extension des cultures des haricots est encourageante à ce sujet.

. Associer aux plantes sarclées d'autres cultures productrices ou des plantes de couverture à cycles décalés, afin de réduire les sarclages et d'assurer une couverture maximum du sol. Mais on observe encore de nombreuses plantations où deux plantes sarclées (généralement maïs + manioc) sont associées.

. Associer l'élevage à la culture, solution qui permettrait de pallier la réduction des jachères par un apport de fumier. Mais cet idéal, qui suppose une révolution des mentalités, est actuellement difficilement envisageable.

En résumé 2 techniques bioculturelles devraient être d'application facile dans la région :

- . Association des plantes sarclées et des légumineuses,
- . Amélioration de la qualité des jachères (voir plus loin).

- Cultures en bandes alternées : Le procédé des bandes permanentes d'absorption se solderait dans la région par une réduction de la surface agricole utile, car il est peu probable que les bandes laissées sous végétation naturelle soient exploitées, par exemple, à des fins pastorales. Il peut cependant être appliqué à de petites surfaces, à l'écart d'un grand ensemble aménageable. Ce procédé a l'avantage d'être assez efficace. Il est plus rentable, mais plus délicat, de disposer des bandes parallèles aux courbes de niveau, et de leur faire porter des cultures à cycle décalé, afin d'assurer la couverture permanente d'une bande sur deux.

2° - Réserves organiques du sol : maintien et accroissement.

Nous avons mentionné à plusieurs reprises que la matière organique était sans aucun doute le plus important facteur de fertilité des sols de la région. Mais l'accumulation humifère, favorisée par les conditions climatiques locales, voit ses effets atténués par l'action de l'homme. Sur ces sols intensément cultivés, un entretien et parfois même une reconstitution du stock de matière organique est un facteur essentiel de conservation.

a/ Les jachères.

Elles permettent d'améliorer simultanément le niveau de fertilité des sols et leur résistance à l'érosion. Le système de ja-

chère est souvent le seul procédé de régénération des sols utilisé. Son rôle, même s'il n'équivaut pas à celui des fumures et des engrais verts, n'est donc pas négligeable.

L'apparition des espèces végétales d'une jachère se fait toujours dans un certain ordre correspondant souvent au schéma suivant :

- 1ère année : prolifération des mauvaises herbes du type *Eri-geron floribundus* notamment ou *Rynchelytrum repens* (plante annuelle);
- 2ème année : apparition des tiges droites d'*Imperata cylindrica* envahissant progressivement les jachères;
- 3ème année : multiplication des espèces herbacées telles qu'*Hyparrhenia*, *Digitaria* ou *Melinis*;
- 4ème et 5ème année : *Hyparrhenia* se développe aux dépens d'*Imperata*. Plante de lumière, *Imperata* disparaît généralement sous l'ombrage des feuilles d'*Hyparrhenia* mais persiste dans les jachères de courte durée et supporte facilement des conditions édaphiques défavorables. Le faible taux de germination d'*Hyparrhenia* explique son apparition tardive.

Ce schéma peut être localement perturbé ou modifié par certaines conditions climatiques, l'introduction d'autres espèces.... Quoi qu'il en soit, le cultivateur compte sur une telle jachère pour régénérer ses sols et restaurer le stock de matière organique. Mais un tel système ne peut s'avérer satisfaisant que si le cycle précédent n'est pas écourté. Or la densité de population et la surface agricole utile sont telles que les jachères sont en moyenne de durée inférieure à trois ans. L'efficacité d'un tel système peut paraître alors douteuse, le relèvement du stock de matière organique ne pouvant se réaliser par l'intermédiaire de plantes parasites ayant très peu à apporter au sol.

La solution serait de trouver des plantes capables d'effectuer en 2 ou 3 ans le travail d'une jachère de 5 ou 10 ans, c'est-à-dire des plantes :

- proliférant facilement,
- à croissance rapide (partie aérienne et système racinaire),
- à pouvoir fertilisant élevé,
- faciles à éliminer dans la perspective d'une mise en culture.

Remarque : Il ne faut pas cependant oublier que les conditions climatiques sont favorables au maintien du stock de matière organique dans les zones de haute altitude (voir précédemment).

b/ Enfouissement des résidus de culture.

Il est certes des cas où les résidus de culture sont peu abondants (maïs) ou comportent une importante fraction de tiges dures, ligneuses (manioc), mais il ne faut pas négliger pour autant les bénéfices tirés de cet enfouissement. Ce dernier pourrait être pratiqué en particulier dans les plantations de légumes.

a/ Autres techniques.

Nous n'entrerons pas dans le détail de ces techniques dont la mise en application se heurterait à des habitudes ancestrales ou ne pourrait être envisagée que dans le cadre d'une législation plus élaborée. En outre ces procédés sont souvent coûteux.

Il s'agit de :

- l'introduction de prairies temporaires,
- l'utilisation d'engrais verts,
- l'apport de fumures organiques.

Remarque : Une fumure d'entretien (pratiquée par quelques agriculteurs de la région) est aussi un moyen de lutte contre l'érosion car :

- elle accroît la protection du sol en stimulant le développement des parties aériennes;
- elle augmente la cohésion du sol en activant la croissance du système racinaire.

531.2 Cas des cultures arbustives.

Il s'agit de protéger le sol des interlignes contre l'érosion pluviale et d'accroître sa résistance à l'érosion.

a/ Couverture vivante.

Elle assure une protection assez efficace mais elle exerce un effet dépressif vis-à-vis des disponibilités en eau notamment. Dans cette région, des cultures vivrières sont souvent associées aux cultures arbustives. Nous n'avons constaté qu'assez peu de recû de végétation spontanée sous caféiers.

b/ Le paillage (mulching).

Le paillage n'est pas une technique culturale au-dessus des moyens des agriculteurs locaux.

Son action est efficace car il :

- . protège le sol contre l'impact de gouttes d'eau,
- . freine le ruissellement,
- . apporte de la matière organique,
- . stimule l'activité biologique,
- . régularise les échanges sol-atmosphère, maintient une humidité convenable, réduit l'évaporation,
- . constitue un obstacle au développement des mauvaises herbes,
- . enrichit le sol en minéraux,
- . ne concurrence pas la culture arbustive.

A notre avis le seul véritable obstacle à sa généralisation est l'insuffisance du volume de paillis produit sur place. L'intense occupation du sol risque en effet d'obliger l'agriculteur à s'approvisionner en pailles dans des endroits éloignés de son exploitation.

532 Façons culturales.

Le billonnage manuel à but anti-érosif est généralisé dans la région. Les agriculteurs confectionnent des billons grossièrement isohypses sur les pentes faibles (haut de versant), perpendiculaires aux courbes de niveau sur les pentes fortes (bas de versant) ou adoptent l'une ou l'autre disposition sur pentes moyennes.

Nous connaissons mal leurs motivations. Il semble qu'ils veuillent par ce système, canaliser la masse d'eau ruisselante en la divisant en de nombreux bras parallèles, donc éviter une hiérarchisation d'un réseau qui deviendrait ravinant en bas de pente. En confectionnant des billons isohypses continus l'agriculteur risque de retenir l'eau jusqu'à un seuil, au-delà duquel il faut craindre une rupture des billons. Cette dernière aurait pour effet de libérer une masse d'eau ravinante dont l'action serait facilitée par une diminution de la consistance des horizons superficiels, due à l'infiltration que favorise le billonnage isohypse.

L'objectif à atteindre est donc double : permettre une infiltration d'eau pluviale satisfaisante pour l'alimentation des plantes, en évitant tout excès qui compromettrait la stabilité des versants, et assurer une évacuation de cet excès d'eau tout en entravant l'érosion.

En raison du climat agressif, des fortes pentes, des améliorations doivent être apportées au système du billonnage isohypse.

- billon à faible pente longitudinale,
- billons isohypses de faible longueur et alternés.

D'autre part des essais sont nécessaires pour déterminer les spécifications des billons (hauteur, distance inter-billons), en fonction des conditions climatiques locales et des différentes caractéristiques de chaque sol.

Mais le billonnage isohypse a l'inconvénient :

- de détruire irrémédiablement les horizons supérieurs,
- de réduire la surface cultivée,

- de laisser subsister l'effet "splash" dans l'espace interbillons,

- de ne pas être, en dépit des apparences, une technique culturale très facile (le billonnage dans le sens de la plus grande pente est, elle, une solution de facilité).

Il a cependant l'avantage de remédier à l'insuffisance de profondeur du sol et de favoriser le développement radiculaire, et notamment celui des tubercules.

Remarque : Un sous-solage ne semble pas nécessaire dans la région, même dans les sols les moins épais. Nous avons vu en effet que les horizons d'altération ne constituaient pas des horizons d'arrêt, aussi bien pour l'enracinement que pour l'infiltration.

533 Procédés de terrassement.

Il est souvent admis qu'au-delà de 2 ou 3 % de pente les procédés biologiques et les façons culturales n'assurent pas une protection satisfaisante des terres cultivées contre l'érosion. Or, dans la région, non seulement de très nombreuses plantations sont situées sur des pentes supérieures à 20 %, mais aucun travail de terrassement sérieux n'est entrepris. Une exploitation rationnelle de terres de bonne ou moyenne qualité sur pentes fortes, exige la mise en oeuvre de procédés de terrassement luttant efficacement contre l'érosion en feuillets et en griffes dans la partie supérieure, ou l'érosion en ravines, dans la partie inférieure des bassins versants.

Il existe de nombreux types d'ouvrages adaptés notamment à différentes classes de pente, aux diverses formes d'érosion, et dont les possibilités d'emploi et d'exécution sont variables. Dans cette région très peuplée, et semble-t-il assez perméable à la technique, un large éventail de procédés de terrassement s'offre à l'utilisateur. Nous n'en citerons que quelques exemples, d'emploi courant, et pouvant être éventuellement réalisés avec un outillage manuel.

533.1 Sur des pentes inférieures à 15-20 %.

- Terrasses à faible pente longitudinale : une exploitation intensive du sol, une abondance de main d'oeuvre, pourraient motiver son emploi sur des replats haut-perchés du massif trachytique. La perméabilité des sols rend concevable une telle technique. Ces terrasses peuvent être construites progressivement par des procédés faisant intervenir les façons culturales. Elles sont faciles à mettre en oeuvre, de prix de revient peu élevé. Il faut cependant éviter une dégradation pédologique du côté amont (sols rajeunis peu profonds) en s'assurant que le sol est homogène et profond. Les haies isohypses d'Eucalyptus, les tas de pierres (blocs de basalte...) pourraient servir de lignes d'arrêt dans la confection de ces terrasses.

- Des terrasses de diversion sur longues pentes faibles, sont envisageables dans le cas de cultures mécanisées occupant de vastes surfaces.

- Réseaux de défens conservant la pente générale du terrain. En raison de la forte pluviométrie et des pentes fortes, il s'agirait essentiellement de système de diversion. Les plus couramment employés sont :

- . les banquettes présentant en amont un fond en légère contre-pente et un talus de déblai, et, en aval un bourrelet non franchissable,

- . de simples levées de terre sur des pentes inférieures à 10 - 12 %,

- . des fossés sur pentes supérieures à 10 - 12 %.

533.2 Sur des pentes de 20 à 50 % et plus.

- Fossés et gradins sont d'un emploi courant et ne nécessitent qu'un outillage manuel. Ce système pourrait s'avérer intéressant pour des cultures arbustives.

- Banquettes.

Il existe une nomenclature complexe d'ouvrages(*) correspondant à chacune de ces techniques (banquettes notamment), et des normes de construction à respecter. Notre but étant d'insister sur la nécessité de travaux de terrassement et d'en donner les grands types à priori envisageables dans la région, nous n'entrerons pas dans ces détails d'ordre technique.

(*) Nomenclature simplifiée des ouvrages d'après C T F T 1969)

- terrasses : étendue de terre, horizontale ou en faible pente, de largeur plus ou moins importante, en marches d'escalier, sur un versant.

- banquette : bande de terre de largeur réduite et constante comportant un fossé très évasé et un bourrelet, installée sur un versant et délimitant une bande de culture.

- fossé : ouvrage creusé, à profil en U, de 0,25m à 0,80m au carré.

- gradin : ouvrage creusé, de 1 à 2m de largeur, à profil en V ou très rarement en trapèze.

- levée de terre : sorte de digue, généralement de faible hauteur, destinée à retenir l'eau.

6. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Parmi les facteurs de la fertilité, les caractéristiques morphologiques jouent un rôle prépondérant. La faible profondeur de la plupart des sols de la région (solum souvent épais de moins de 150cm) et l'abondance des éléments grossiers les différencient assez nettement des sols ferrallitiques du Centre et Sud-Cameroun.

De bonnes propriétés physiques sont généralement liées à une importante accumulation humifère et à la présence de pseudo-particules (micro-structuration, porosité, perméabilité...).

La matière organique constitue le support essentiel de la fertilité chimique de ces sols, cette dernière se situant par ailleurs à un niveau relativement bas. Certains sols sont relativement bien pourvus en bases totales mais aucun indice morphologique sûr ne permet d'en rendre compte. Soulignons à ce propos la légère supériorité dont jouissent à l'égard des potentialités chimiques, les sols ferrallitiques de cette région sur ceux profonds et fortement désaturés du Sud-Cameroun.

Trop de facteurs non exclusifs, concomitants et non comparables entrent en jeu pour que l'on puisse affirmer objectivement qu'un sol est de "bonne" ou de "mauvaise qualité" dans tous les cas. Une échelle locale de la "qualité" des sols doit donc être établie à la lumière des données précédentes. Les meilleurs sols, c'est-à-dire ceux permettant d'envisager un maximum de cultures intensives avec un minimum de risques ont été qualifiés de "bonne qualité". Les sols de "mauvaise qualité" offrant des possibilités d'utilisation restreintes et ne pouvant être soumis qu'à une culture extensive. Parmi les facteurs pris en considération, les variables morphologiques, semblent être les éléments déterminants dans la définition de cette qualité. Celles-ci, difficilement modifiables et limitantes pour toutes sortes de cultures confèrent à l'appréciation relative de la qualité des sols un caractère d'immuabilité et un certain degré d'universalité.

Parmi les facteurs de l'environnement jouant une influence directe sur l'aptitude culturale des sols, la pente et l'action de l'homme, dont le défrichement et le sur-pâturage sont les composantes essentielles, semblent avoir un rôle prépondérant en conditionnant notamment l'érosion.

Il faut se soucier du contexte socio-économique local pour établir la carte des aptitudes culturales et notamment apporter des correctifs tenant compte de la pression démographique : On doit par exemple envisager la culture manuelle de terres dont les pentes sont supérieures à 20 % et qui occupent une surface importante dans une zone dont la densité de population est élevée. La nécessité de maintenir un équilibre à l'échelle de la région entre terres de production et terres de protection ainsi que l'existence d'une séparation de la culture et de l'élevage sont d'autres facteurs essentiels dans la région.

S'il n'y a pas de vocation des sols au sens strict du terme, des classes et sous-classes d'aptitudes culturales ont pu être définies. Le classement réalisé n'est généralement que l'expression d'un jugement empirique et imprécis, basé sur une évaluation du rôle de chacun des critères précédents. Il utilise des paramètres simples c'est-à-dire ayant une signification dans un grand nombre de cas, "permanents" afin de garantir à la carte des aptitudes culturales une valeur à long terme. Il est physique et statique et de type ordonné. Il n'a pas pour but d'imposer un plan d'utilisation préconçu mais de guider l'utilisateur dans le choix de ses interventions et des moyens à mettre en oeuvre pour les réaliser.

Parmi les travaux d'amélioration et de conservation des sols, les procédés de lutte contre l'érosion/^{le choix} de meilleures associations végétales et l'aménagement des prairies doivent tout particulièrement attirer l'attention des utilisateurs.

B I B L I O G R A P H I E

- AUBERT (G.) et FOURNIER (F.) - 1955.- Les cartes d'utilisation des terres. Sols Africains. III, I, pp. 96-109.
- AUBERT (G.) et SEGALIN (P.) - 1966.- Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., IV, 4, pp. 97-102.
- BACHELIER (G.) - 1951.- Prospection de la région sise entre la route NKAPA-MBANGA et le MUNGO. Multigr. 7 p., 1 carte au 1/200.000ème. N° P. 12.
- BACHELIER (G.) - 1952.- Prospection pédologique de la Plaine des MBO. Multigr. 22 p., 1 carte au 1/50.000ème. N° P. 22.
- BACHELIER (G.) - 1955.- Reconnaissance pédologique dans l'Ouest-Cameroun. Multigr. N° P. 59*.
- a) Fascicule I : 22 pages
- Vallée de la NAFOUMBA, BANGOUREN, Camp des Douaniers. 1 carte au 1/200.000ème.
 - Vallée de la LOURA. 1 croquis au 1/50.000ème.
 - Nord de MANTOUM-PALAIS. 1 croquis au 1/50.000ème.
 - Vallée de la MENOUA. 1 croquis au 1/50.000ème.
 - BANGANGTE, route du NOUN. 1 croquis au 1/200.000ème.
 - TONGA, Vallée de la NDE.
- b) Fascicule II : 23 pages
- Lotissements de Café de BALAFIE, MABINDJIN et BAMESSO.
 - Extension du Quinquina à DSCHANG et BANSOA.
 - Terrain des maraichages de BANFOLE et KOUMALLAP.
- c) Fascicule III : 11 pages
- Etude du terrain de GALIM en vue de l'installation d'une ferme de multiplication.
 - Conséquence du feu et des peuplements d'Eucalyptus sur les terres rouges dégradées de la région de FOUMBAN.
- BACHELIER (G.), MARTIN (D.) - 1956.- Etude pédologique de la Ferme de multiplication de BANSOA. Multigr. 9 pages. N° P. 75.
- BACHELIER (G.), MARTIN (D.) - 1956.- Reconnaissances pédologiques dans la Vallée de la METCHIE. Multigr. 8 p., 1 croquis au 1/50.000ème - N° P. 76.
- BACHELIER (G.), CURIS (M.), MARTIN (D.) - 1956.- Etudes pédologiques faites à la Station de l'I.F.A.C. à NYOMBE. Multigr. 26 pages - N° P. 78.

- BACHELIER (G.), CURIS (M.), MARTIN (D.), SEGALIN (P.) - 1957.- Introduction à l'étude pédologique de la Vallée du NOUN. Multigr. 12 p., 1 carte pédologique et 1 carte d'utilisation au 1/200.000ème - N° P. 87.
- BACHELIER (G.), CURIS (M.), MARTIN (D.), SEGALIN (P.) - 1957.- Les sols de l'Ouest-Cameroun. Notice sur la feuille MBOUDA - BAMENDJIDA. Multigr. 53 p., 1 carte pédologique et 1 carte d'utilisation des sols au 1/50.000ème - N° P. 88.
- BACHELIER (G.) - 1958.- Etude des sols du périmètre de reboisement du MELAP (Godola, Madaka, Poukebi, Djelmé, Tchatibali). multigr. 12 pages - N° P. 92.
- BACHELIER (G.), SEGALIN (P.) - 1958.- Les sols de l'Ouest-Cameroun 2. Notice sur la feuille pédologique au 1/50.000ème. Multigr. 43 p., 1 carte pédologique et 1 carte d'utilisation des sols au 1/50.000ème - N° P. 93.
- BARBERY (J.) et VALLERIE (M.) - 1970.- Notice explicative - Cartes pédologiques et d'Aptitudes Culturelles : FOUMBAN - DSCHANG 3d et 4c à 1/50.000ème. Multigr. 12 p., 2 esquisses au 1/200.000ème, 1 pl., 1 fig. + Annexe : Fiches analytiques - N° P. 180.
- CASABIANCA (F.de) - 1967.- Facteurs physiques de fertilité des sols dans le Sud-Ouest MALAGASY. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. TANANARIVE, pp. 1540-1546.
- CHAMPAUD (J.) - 1971.- Atlas régional OUEST-II.
- CHARREAU (C.), TOURTE (R.) - 1967.- Le rôle des facteurs biologiques dans l'amélioration du profil cultural dans les systèmes d'agriculture traditionnelle de zone tropicale sèche. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. TANANARIVE, pp. 1498-1517.
- CLAISSE (G.), LAPLANTE (A.) - 1953.- Compte-rendu de la Commission des BAMBOUTOS. Multigr. 17 pages. Cote P. 31*.
- CLAISSE (G.) - 1954.- Etude des Jardins potagers de la région de FOUMBOT. Multigr. 9 pages. Cote P. 39.
- CLAISSE (G.) - 1954.- Terres à Café de la région de FOUMBOT. Multigr. 15 pages.
- COMBEAU (G.) - 1954.- Observations sur les sols volcaniques dans la région de NKONGSAMBA. Multigr. 21 p., 2 cartes au 1/100.000ème, 1 carte au 1/200.000ème. Cote P. 41.
- COMBEAU (A.) - 1955.- Reconnaissances pédologiques dans la région de NKONGSAMBA. Multigr. 4 pages, 2 croquis au 1/200.000ème Cote P. 60*.
- COMBEAU (A.) - 1955.- Les sols de la Ferme de multiplication de MBOUROUKOU. Multigr. 4 pages.

- C P C S - 1955.- Commission de Pédologie et de Cartographie des sols, document provisoire diffusé par le Laboratoire de Géologie-Pédologie de l'E N S A de GRIGNON, 87 pages.
- D'HOORE (J.L.) - 1954.- La carte des sols d'Afrique à 1/5.000.000ème.
- DUCHAUFOR (Ph.) - 1965.- Précis de Pédologie. MASSON et Cie.
- GLOSSAIRE DE PEDOLOGIE - 1969.- Description des horizons en vue du traitement informatique, ORSTOM, multigr. 82 pages.
- HAWKINS (P.) et BRUNT (M.) - 1965.- The Soils and Ecology of West-Cameroon. F.A.O., Vol. I, 285 p., Vol. II, 516 pages.
- HENIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.) - 1969.- Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. 2ème éd., 332 p. Masson et Cie.
- HUMBEL (F.X.) - 1967.- Notice explicative NGAOUNDERE 1d au 1/50.000ème. Multigr. 118 pages - Cote P. 164*.
- HUMBEL (F.X.) et BARBERY (J.) - 1972.- Notice explicative - Cartes pédologiques et d'aptitudes culturales à 1/50.000ème NKAMBE 1b et 2a. ORSTOM-YAOUNDE, multigr. 141 p. + Annexe : Fiches analytiques. Cote P. 192.
- HUMBEL (F.X.) - 1972.- Initiation à la Pédologie et aux sols camerounais. Ce cours a été donné en 1971 aux étudiants du Département de Géographie de l'Université de YAOUNDE. ORSTOM-YAOUNDE, multigr. 159 pages - Cote P. 193.
- LAPLANTE (A.), COMBEAU (A.), LEPOUTRE (B.) - 1950.- Etude pédologique du périmètre de restauration rurale de BATIE. Multigr. 24 pages - Cote P. 3*.
- LAPLANTE (A.), COMBEAU (A.), LEPOUTRE (B.) - 1950.- Etude pédologique des Terres noires de la LAMBA. Multigr. 29 p., 1 carte.
- LAPLANTE (A.), COMBEAU (A.), LEPOUTRE (B.) - 1950.- Etude pédologique dans l'Ouest du Cameroun Français. Multigr. 43 p., 1 carte au 1/50.000ème - Cote P. 5*.
- LAPLANTE (A.), COMBEAU (A.), LEPOUTRE (B.), BACHELIER (G.) - 1951.- Etude pédologique de l'Ouest-Cameroun. Multigr. 46 p., 1 carte au 1/500.000ème - Cote P. 13*.
- LAPLANTE (A.), BACHELIER (G.) - 1953.- Prospection pédologique des Stations de l'I.F.A.C. au Cameroun. Multigr. 14 pages - Cote P. 32.

- LAPLANTE (A.), BACHELIER (G.) - 1954.- Les principaux sols formés sur roches volcaniques du Cameroun. Observations sur leur fertilité et leur exploitation agricole. Compte-Rendu 2ème Conférence Interafricaine des Sols 2, pp. 441-451.
- LAPLANTE (A.) - 1954.- Les sols rouges latéritiques formés sur basalte ancien du Cameroun. C.R. 5ème Congrès International de Science du Sol, IV, pp. 140-143.
- LAPLANTE (A.) - 1954.- Les sols foncés d'origine basaltique au Cameroun. C.R. 5ème Congrès International de Science du Sol, IV, pp. 144-148.
- LETOUZEY (R.) - 1958.- Phyto-Géographie camerounaise. Atlas du Cameroun. ORSTOM-YAOUNDE.
- MARIN-LAFLECHE (A.) - 1972.- Les classements de terrains. Ann.Agro. Vol. 23, n° 1, pp. 5-12.
- MARTIN (D.), SEGALEN (P.) - 1958.- Les sols de l'Ouest-Cameroun - 4. Notice sur la feuille de FOSSANG. Multigr. 49 p., 1 carte pédologique et 1 carte d'utilisation des sols au 1/50.000ème - Cote P. 95*.
- MARTIN (D.) - 1959.- Les sols de l'Ouest-Cameroun - 5. Notice sur la feuille BANGANGTE. Multigr. 28 pages - Cote P. 102.
- MARTIN (D.) - 1961.- Etude pédologique de la Station du Quinquina : DSCHANG, BANSOA, NGOUNGE. Multigr. 27 p., 1 carte au 1/10.000ème et 1 carte au 1/4.000ème - Cote P. 120.
- MOUKOURI-KUOH (H.Ng.) et VALLERIE (M.) - 1971.- Etude pédologique à 1/20.000ème dans la région de SANTA (Cameroun Occidental). Aptitudes des sols à la théiculture. Multigr. 37 p. + Fig. et Annexe des Fiches analytiques - Cote P. 186.
- MUNSELL - 1954.- Soil Color Chart.
- MULLER (J.P.), MOUKOURI-KUOH (H.Ng.) et BARBERY (J.) - 1972.- Etude pédologique à 1/50.000ème - Feuille BAFOUSSAM 3c - Texte et Cartes. ORSTOM-YAOUNDE, multigr. 408 p., Fig. + Annexe : Fiches analytiques - Cote P. 191.
- NOUVELOT (J.F.), CADIER (E.), OLIVRY (J.C.) - 1971.- Hydrologie du Bassin supérieur du NOUN. ORSTOM-YAOUNDE, multigr. 314 p.
- PORTERES (R.) - 1948.- Esquisse géologique et agro-pédologique des Hauts Plateaux de DSCHANG-FOUMBAN au Cameroun Français. Agron.Trop., 3-4, pp. 157-173.

- RIQUIER (J.) - 1954.- Les cartes d'utilisation des sols à MADAGASCAR. Conférence Interafricaine des Sols. LEOPOLDVILLE. 9 - 14 Août 1954.
- ROOSE (E.J.) - 1967.- Quelques exemples des effets de l'érosion hydrique sur les cultures. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. TANANARIVE, pp. 1385-1404.
- ROOSE (E.J.) - 1971.- Influence des modifications du milieu naturel sur l'érosion, le bilan hydrique et chimique suite à la mise en culture sous climat tropical. Synthèse des observations en COTE d'IVOIRE et HAUTE-VOLTA. ORSTOM-ADIPODOUME, multigr. 22 pages.
- SECRETARIAT D'ETAT AUX AFFAIRES ETRANGERES Rép.Française - 1969.- Techniques rurales en Afrique - n° 12. Conservation des sols au Sud du SAHARA, 211 (A) PARIS. Impr.SAMACETA.
- SEGALEN (P.) - 1957.- Etude des sols dérivés de roches volcaniques basiques à MADAGASCAR. Thèse de Doctorat. PARIS Mém. I F A N. Série D, Tome VIII, 182 pages.
- SEGALEN (P.) - 1958.- Les sols de l'Ouest-Cameroun - 3. Notice sur la feuille de NJITAMPON. Multigr. 31 pages - Cote P. 94.
- SEGALEN (P.) - 1959.- Les sols de l'Ouest-Cameroun - 6. Notice sur les feuilles de FOUMBAN (Partie Ouest) et SASSAGAN (Partie Nord). Multigr. 32 pages - Cote P. 105.
- SEGALEN (P.) - 1960.- Reconnaissance pédologique dans la partie Sud de l'arrondissement de FOUMBOT. Multigr. 10 p., 2 fig. - Cote P. 111*.
- SEGALEN (P.) - 1960.- Carte pédologique du périmètre de reboisement du MELAP (FOUMBAN). Multigr. 11 p., 1 carte au 1/10.000ème - Cote P. 112.
- SEGALEN (P.) - 1967.- Les sols de la Vallée du NOUN. Publication Cah.ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. V, n° 3, pp. 287-349, 12 fig., 1 carte pédologique au 1/200.000ème - Cote P. 177.
- SEGALEN (P.) - 1967.- Le remaniement des sols et la mise en place de la stone line en Afrique. ORSTOM-S S C BONDY, ronéo. 24 pages.

SIEFFERMANN (G.) - 1969.- Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun. Variations pédologiques et minéralogiques du milieu équatorial au milieu tropical. Thèse de Doctorat ès-Sciences Naturelles. Université de Strasbourg. Mém. ORSTOM n° 66, 183 pages.

SOIL CLASSIFICATION - 1960.- A comprehensive system. 7th Approximation. Soil Survey Staff - Soil Conservation Service. U S D A.

SUCHEL (J.B.) - 1971.- La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun. Thèse Université Fédérale du Cameroun.

S Y S (G.) et coll. - 1961.- La cartographie des sols du CONGO : ses principes et ses méthodes. I N E A C, Série Techn. n° 66.

VALLERIE (M.) - 1966.- Interprétation de résultats analytiques - Région YABASSI-BAFANG. Multigr. 10 p., 12 profils - Cote P. 159*.

VALLERIE (M.) - 1968.- Notice explicative - Carte pédologique du Cameroun Occidental. Multigr. pp. 3-70 - Cote P. 165*.