

Chapitre II

J. BOUTRAIS (1978)

LES MILIEUX NATURELS ET L'OCCUPATION DU SOL

Les conditions naturelles de l'utilisation des terres - les relations entre les aptitudes naturelles et l'occupation du sol - les modifications du milieu naturel par le peuplement.

LES CONDITIONS NATURELLES DE L'UTILISATION DES TERRES

Dans cette région, c'est d'abord le caractère contraignant d'une série de données naturelles qui s'impose. De la description de chaque unité naturelle, il résulte qu'un élément au moins s'interpose avec force pour contrarier une mise en valeur optimale. Pour certaines unités, ces facteurs défavorables s'associent en combinaison, par exemple : sols squelettiques, fragiles à une érosion agressive et sensibles à des pointes de sécheresse fréquentes.

De fortes contraintes naturelles

Certaines contraintes concernent toute la région, comme les aléas climatiques et l'hydrologie spasmodique qui en dérive, tandis que d'autres affectent de façon particulière certaines unités, par exemple : les pentes, l'érosion, les sols déficients.

LES ALÉAS CLIMATIQUES

La gradation des facteurs climatiques, du sud au nord, introduit certes quelques nuances. Cependant toute la région subit les effets d'une série d'aléas climatiques qui se répercutent directement sur l'activité agricole.

La faiblesse de la pluviométrie par rapport aux régions plus méridionales du Cameroun inflige au climat une nuance aride qui compromet parfois les récoltes. L'aridité provient d'abord de la rigueur de la saison sèche faiblement compensée par une saison des pluies plus courte dans la majeure partie de la région. Les totaux des pluies n'atteignent jamais ceux de l'évaporation potentielle. Le rapport moyen annuel est de 0,34 à Garoua et de 0,19 à Maroua (SUCHEL, 1972).

La plus grande partie de l'année, l'assèchement du sol se traduit par l'arrêt de toute activité végétale. Pendant les mois secs, la végétation herbacée dépérit. Le sol apparaît à nu. Des sables à nu au mois de mars supportent alors des températures de 60 °C dans la journée (SIEFFERMANN, 1963).

Le rapport précipitations/évaporation potentielle n'est positif que de juin à septembre. Mais en début de saison pluvieuse, les plantes en plein démarrage végétal absorbent une grande part de l'eau par évapotranspiration. Le rapport précipitations/évapotranspiration potentielle n'est excédentaire qu'en juillet-août-septembre. Un drainage ne s'établit dans le sol que pendant ces trois mois. C'est aussi pendant cette brève période que les plantes cultivées risquent peu de souffrir d'un assèchement du sol. En octobre, l'évaporation l'emporte de nouveau sur les pluies et les sols commencent à s'assécher.

La saison agricole déborde cette courte période mais les plantes ne se développent pas de façon régulière. Des périodes de sécheresse interrompent plus ou moins souvent le cycle végétal. Les plantes flétrissent parce que le sol n'est pas complètement humecté en début de saison et qu'il a déjà perdu une partie de ses réserves en superficie à la fin. Même ainsi, une saison des pluies limitée le plus souvent à 5 mois provoque une forte pointe de travail annuelle séparée par de longues périodes de temps mort.

Tous les calendriers agricoles établis dans la région montrent que les activités se concentrent de mai à début octobre. La pointe de travail est particulièrement nette en mai, au moment des semailles. Les cultivateurs sont alors accaparés par les semis de mil et de coton qui doivent être effectués le plus tôt possible. La région se trouve en effet à la limite de la culture du coton sous pluie. A la latitude de Mora, le coton accomplit de justesse son cycle végétal, grâce aux réserves d'humidité des sols en fin de saison. Des sécheresses précoces entravent fréquemment, sur les sols légers, la maturation des capsules et se ressentent dans les rendements.

Les pluies tombent de telle façon que les sols ne peuvent « capitaliser » de façon optimale l'eau qu'ils reçoivent. Les chutes de pluie durent de une à quelques heures en orages et tornades violents. La majeure partie de la lame tombée s'en va par ruissellement sur les pentes. Seule une petite partie s'infiltré dans le sol. Ces pluies ne profitent donc pas pleinement aux cultures. Pour le mois d'août, le plus pluvieux, le nombre moyen de jours de pluie est souvent inférieur à la moitié des jours du mois : ainsi à Mora, Yagoua, Guider. Des périodes d'ensoleillement les suivent, prélevant par évaporation une autre partie de l'eau tombée.

Les aléas climatiques de la région s'expriment surtout par une grande irrégularité des pluies, qu'il s'agisse des totaux pluviométriques ou surtout, de l'instabilité des saisons d'une année sur l'autre. L'écart habituel du total des pluies par rapport à la moyenne dépasse partout 10% et 15% au nord d'une ligne joignant Yagoua à Mora (SUCHEL, 1972).

On observe que l'irrégularité climatique s'aggrave à mesure que les pluies deviennent plus faibles. Le déficit des années sèches 1972-73, établi à 21-25% en moyenne dans le Sahel, n'a pourtant atteint que 10% dans la région. Mais des anomalies dans la répartition mensuelle des pluies s'y sont conjuguées, abaissant les rendements agricoles plus que cet écart ne le laisserait supposer.

Les écarts moyens annuels ne donnent pas une image vraie des fluctuations d'une année sur l'autre. Par exemple, il tombe 548 mm de pluie près de Yagoua en 1963 contre 819 mm en 1965, soit une variation de 1 à 1,4. Les variations des pluies apparaissent encore mieux d'après les rapports des totaux extrêmes observés : 1 à 2,3 à Garoua, 1 à 2,5 à Yagoua, 1 à 3,1 à Mora. L'écart augmente à nouveau à mesure que les pluies moyennes se font moins abondantes. Toutefois Garoua ne représente pas le meilleur point de repère. Situé dans une cuvette, il reçoit moins de pluies que ses environs aussi bien au nord qu'au sud.

En prenant en compte l'écart des extrêmes du mois d'août, le plus pluvieux, les fluctuations des pluies deviennent encore plus sensibles : 1 à 3,9 à Guider, 1 à 4,8 à Yagoua, 1 à 4,5 à Mora (SUCHEL, 1972). Certaines années, le seul mois d'août reçoit la moitié de la pluviométrie totale annuelle. Les mois de mai et juin peuvent être

particulièrement secs, ce qui entraîne de graves conséquences pour les cultures. Il est habituel que la saison des pluies soit interrompue par des périodes de beau temps se prolongeant parfois plus d'une semaine, ce qui met en danger les jeunes pousses de mil.

L'instabilité climatique s'accroît au moment des passages de saisons. Le décalage peut dépasser un mois. Voici quelques chiffres révélateurs calculés d'après SUCHEL (1972).

Tableau 1 : Quelques indicateurs de l'irrégularité des saisons

	Guétalé	Kaélé	Garoua
Écart du début de la saison des pluies la plus précoce par rapport à la date moyenne	23 jours	21 jours	31 jours
Écart du début de la saison des pluies la plus tardive par rapport à la date moyenne	21 jours	35 jours	34 jours
Écart de la fin de la saison des pluies la plus écourtée par rapport à la date moyenne	25 jours	13 jours	8 jours
Écart de la fin de la saison des pluies la plus prolongée par rapport à la date moyenne	18 jours	17 jours	18 jours
Cas d'un début de saison pluvieuse précoce	28 %	35 %	25 %
Cas d'un début de saison pluvieuse tardif	33 %	28 %	25 %
Cas d'une fin de saison des pluies écourtée	16 %	14 %	25 %
Cas d'une fin de saison des pluies prolongée	22 %	21 %	25 %
Cas d'un écart supérieur à 10 jours par rapport aux dates moyennes	50 %	39 %	59 %

L'irrégularité des changements de saisons à Garoua est plus accusée que ne le laisserait supposer sa latitude, sans doute par suite d'une situation en cuvette. Dans l'ensemble, l'incertitude des pluies est plus accentuée à Guétalé qu'à Kaélé. En plus d'une situation plus au nord, la position abritée de la station au pied des montagnes, dans la petite plaine de Koza, doit aussi influencer les données de Guétalé.

L'instabilité se révèle partout maximum à la période d'établissement de la saison des pluies. Or, c'est le moment critique du point de vue agricole, celui des semis. Les pluies de début de saison commandent le départ des cultures. Le sol desséché par la saison sèche n'a aucune humidité en réserve. L'alimentation en eau des plantes dépend alors étroitement des chutes de pluie.

Les cultivateurs se trouvent pris dans un dilemme : pratiquer des semis les plus précoces possible, surtout pour le coton, en sachant par expérience que des averses initiales abondantes ne signifient pas des pluies régulières à venir. Chaque année, ils sont contraints de refaire des semis, parfois à plusieurs reprises. A la fin, ils ne resèment plus du mil dans les vides du champ mais de l'arachide qui se contente de semis plus tardifs. L'expérience paysanne prouve que les associations de plantes cultivées dans un même champ sont la meilleure garantie contre les aléas climatiques.

Tous les cultivateurs de la région n'affrontent pas en même temps les mêmes périodes de sécheresse, interrompant les pluies. La situation varie tout le temps d'un endroit à l'autre. Certains secteurs, comme Bogo, sont réputés pour la fréquence des petites sécheresses en début de saison des pluies. D'autres, comme

Mora, subissent souvent des débuts tardifs de saison pluvieuse. Les premières averses se localisent dans d'étroits secteurs. Les contrées voisines peuvent être en même temps ensoleillées et leurs sols asséchés.

Les irrégularités spatiales peuvent se traduire par des totaux pluviométriques contrastés sur de courtes distances. Ainsi, en 1964 il est tombé 1 020 mm de pluies à Garoua, 1 214 à Pitoa distant de 15 km et seulement 755 mm à 20 km de Garoua et 8 de Pitoa (TILLEMENT, 1970). Mais ces différences paraissent quand même exceptionnelles. Les averses avantagent tantôt un endroit par rapport à l'autre puis inversement pour aboutir à des totaux pluviométriques sensiblement équivalents, tout en recouvrant une répartition très différente.

De même, des déficits mensuels exceptionnels se trouvent souvent compensés par une forte pluviométrie les mois suivants. C'est souvent le cas dans la région quand les mois de mai et juin sont déficitaires, que la saison des pluies est tardive et mal établie. Il arrive alors fréquemment que le mois d'août soit très pluvieux. Les pluies ne cessent pas. Les rivières débordent, inondant brusquement les parties basses des plaines, ce qui abîme une partie des récoltes. Un total pluviométrique correct n'implique pas toujours une bonne année agricole.

UNE HYDROLOGIE SPASMODIQUE

Dans certains secteurs, l'hydrologie compense l'aridité du climat en maintenant une certaine humidité dans le sol en saison sèche. C'est le cas dans les zones d'épandage alluvial des grandes rivières (Tsanaga, Boula) et dans les plaines inondables du Logone et de la Bénoué. Le niveau de la nappe n'est jamais très loin de la surface du sol en saison sèche. Quelques mares en eau subsistent sur un plancher argileux imperméable, maintenant ainsi en état les pâturages. Les troupeaux s'y réfugient à cette époque de l'année. A part ces exceptions, les régimes hydrologiques reflètent dans l'excès le caractère tropical sec du climat.

L'hydrologie de surface se singularise par l'importance du ruissellement, par des rivières à écoulement temporaire et par une inondation saisonnière ennoyant une partie de la région.

Une grande partie des eaux est évacuée par ruissellement et ne profite pas aux sols. Au centre des monts Mandara, sur le plateau entre Mokolo et Mogodé, l'ORSTOM a mesuré des coefficients d'écoulement de 58%. Sur les mêmes bassins aménagés par reboisement et petits barrages de pierres sèches dans les talwegs, ils se réduisent à 25%. A Maroua, le volume d'eau écoulé par la Tsanaga correspond à un coefficient d'écoulement de 30% rapporté à un bassin versant pour moitié montagnard. Les mesures faites par l'ORSTOM indiquent un coefficient d'écoulement moyen de 40% en montagne. Dès que les rivières abordent la plaine, le coefficient descend vers 25% pour l'ensemble de leur bassin. Au sud de la région, le débit moyen du Kébi, rivière uniquement de plaine, correspond à un coefficient d'écoulement de 13,8% des pluies tombées sur son bassin. Bien que les coefficients de bassins aussi inégaux en surface soient difficilement comparables, ils sont d'autant plus élevés que le relief est plus accidenté. Les chiffres du plateau de Mokolo ne correspondent toutefois qu'à des pentes faibles et moyennes. Il est probable qu'en petits bassins montagnards non aménagés en terrasses, les coefficients d'écoulement sont encore plus élevés.

L'écoulement des eaux de pluies commence avant même que l'imprégnation des sols soit complète. La violence et la courte durée des premières averses font qu'elles humectent seulement les horizons superficiels. La plus grande partie des eaux s'écoule déjà, par suite de la lenteur de leur infiltration en profondeur. Il se produit alors une sorte de refus à l'infiltration, même sur des sols perméables.

En montagne non aménagée, les forts coefficients d'écoulement proviennent

aussi de la longueur des versants pentus où les eaux dévalent mais s'infiltrent peu (HUMBEL, BARBERY, 1974). En plaine, la longue sécheresse durcit les horizons supérieurs du sol, en secteur peu boisé. Les premières pluies ruissellent et s'infiltrent peu, jusqu'à ce que cette couche dure soit humectée. Les alternances de pluies et de sécheresses en début de saison pluvieuse provoquent sur certains sols de plaine une croûte mince imperméable par effet de battance.

De toutes les rivières qui drainent la région, seuls le Logone et la Bénoué ont un écoulement permanent. Le mayo Louti, malgré l'importance de son bassin, n'a plus d'écoulement apparent pendant plusieurs mois de l'année et celui du Kébi se réduit à un mince filet d'eau (débit d'étiage : 0,1 m³/s). Tous les autres cours d'eau ressemblent à des « oued » en saison sèche : un large lit mineur à sec où les habitants puisent de l'eau en creusant des entonnoirs dans les sables.

Si la plupart des rivières de la région présentent un régime tropical, celles des plaines de Mora et Nord-Diamaré connaissent déjà un régime sahélien caractérisé par des débits encore plus spasmodiques.

L'hydrologie de ces cours d'eau peut être illustrée par la Tsanaga qui traverse d'abord les monts Mandara puis la plaine du Diamaré et une partie de celle du Logone.

Les premières pluies d'avril-mai, très espacées, ne provoquent des crues que dans le secteur montagnard. Elles sont vite absorbées par les sables du lit. En juin, des lames d'eau déferlent sur le large lit de la plaine du Diamaré. Elles s'infiltrent rapidement dans le sable et n'atteignent pas encore le cordon. En juillet, l'écoulement devient continu jusqu'à l'aval du cordon littoral. Des crues spasmodiques de quelques heures suivent les plus gros orages. En août, la zone inondée dans la plaine du Logone communique avec les eaux de débordement du Logone. Les fortes pluies se traduisent aussi par des inondations dans la plaine du Diamaré. Même pendant ce mois à pluviosité régulière, le débit de la Tsanaga comprend une série d'ondes de crues brutales. Tous les terrains sous-jacents à la rivière s'engorgent d'eau.

En septembre, les débits de la Tsanaga commencent à baisser. Ils sont plus importants à Bogo, en aval, qu'à Maroua alors que les mois précédents, c'était l'inverse. L'imprégnation générale des sédiments sous-jacents est terminée. Les terrains montagnards commencent à se ressuyer. En octobre, quelques tornades espacées de fin de saison ne maintiennent plus un écoulement continu dans la plaine du Diamaré. Les zones inondées à l'aval du cordon s'assèchent de façon progressive par évaporation et peut-être infiltration. Les sables surchauffés du lit restent bientôt à sec pour huit mois. Mais il suffit de les creuser un peu pour rencontrer l'eau à faible profondeur. A mesure que la saison sèche s'avance, les trous et entonnoirs dans le lit se multiplient. On rencontre toujours des gens dans le mayo occupés à puiser de l'eau ou à laver des vêtements sous une chaleur torride.

Un coefficient d'écoulement des eaux très élevé et des cours d'eau temporaires empêchent de tirer le meilleur parti agricole de la pluviométrie. Ailleurs, c'est l'inondation saisonnière qui freine ou interdit l'utilisation des terres pendant cette période.

L'inondation affecte de façon régulière la majeure partie de la plaine du Logone mais aussi les grandes dépressions du Bec de Canard et les multiples petites cuvettes interdunaires de la plaine de Kalfou. Elle provient en partie des pentes très faibles et du mauvais drainage de ces régions. Les eaux de pluie s'accumulent dans les bas-fonds sans pouvoir s'écouler. Surtout, les crues du Logone se déversent en grandes quantités, à partir du mois d'août, dans la plaine inondable à l'aval de Yagoua. L'inondation se prolonge jusqu'à la fin du mois d'octobre, ennoyant la plaine sous plus d'un milliard de m³ d'eau chaque année. A partir de début

novembre, commence la vidange de la plaine par retour des eaux vers le Logone ou par évaporation.

Tous les sols des dépressions et zones basses sont donc engorgés ou submergés pendant une partie de la saison des pluies. Ils ne peuvent être cultivés en mil sous pluies. Il faudrait des variétés de mil hâtif récolté avant l'inondation ou de mil flottant adapté à celle-ci comme aux environs de Guirvidig.

Ce mil est semé à la décrue en novembre. Il effectue la majeure partie de sa croissance avec l'inondation de l'année suivante, s'allongeant au fur et à mesure de la montée des eaux. Sa récolte se situe à la décrue, en octobre, si bien que son cycle végétal s'étale sur une année. Il s'agit d'une adaptation remarquable au milieu amphibie de la plaine du Logone. Mais cette variété, très peu répandue, fait plutôt figure de curiosité.

Le plus souvent, les cultivateurs se trouvent désarmés devant l'inondation. Avant son introduction récente, ils ne cultivaient pas le riz et se contentaient du mil sous pluies, limité aux terres légèrement exondées. De grandes étendues de sols fertiles n'étaient utilisées qu'en pâturage de saison sèche.

L'engorgement en eau des sols de la plaine du Logone provient surtout de l'inondation : les eaux ne s'infiltrent presque pas dans des sols surtout argileux. Mais il se produit aussi en profondeur par remontée de la nappe permanente. Cet engorgement en profondeur, s'il se prolonge, se traduit par un horizon de gley, argile grise plastique caractéristique d'un milieu confiné, réducteur. Le battement de la nappe provoque des alternances d'excès d'eau et d'assèchement se traduisant par un horizon massif, très dur. L'ensemble du profil comporte peu de radicelles, ce qui exprime la faiblesse de l'action biologique dans ces horizons. La compacité des sols à gley se conjugue avec l'action asphyxiante de l'inondation saisonnière pour interdire des cultures non adaptées à ce milieu. Elle ne permet pas non plus le développement d'une végétation arborée : le manque de bois se fait tellement sentir dans les « yaéré » que les habitants brûlent les bouses séchées pour assurer leur chauffage.

La submersion de la plaine du Logone limite déjà fortement les étendues cultivables en mil sous pluies aux environs de Yagoua ; plus au nord, elle l'interdit presque complètement. Avec le riz, l'inondation ne s'oppose pourtant plus à une mise en valeur agricole. Mais son irrégularité intervient alors comme facteur limitant.

Bien que les eaux du Logone proviennent de régions au climat plus régulier, le débit enregistre de nombreux aléas. Ils se manifestent chaque année au moment du déversement des eaux sur la plaine et de leur vidange. D'une année à l'autre, la hauteur maximum de la crue varie assez peu ; cela n'exclut pourtant pas des crues plus hautes (1970) ou exceptionnellement basses (1972 et 1973). L'année 1972, en particulier, n'a pratiquement pas connu de débordement des eaux, ce qui s'est traduit par une très mauvaise récolte de riz. Le bourrelet de berge et les drains de la plaine vers le nord ne suffisent pas à régulariser le mécanisme de l'inondation. Sa mise à profit pour une utilisation agricole suppose de les compléter par des aménagements, afin de s'assurer une maîtrise de l'eau.

Dans toute la région, la saison des pluies ne pose pas de problème de ravitaillement en eau. Les habitants négligent souvent les points d'eau aménagés et puisent directement aux rivières, surtout en montagne. Mais d'octobre à mai, leur écoulement s'interrompt et les mares s'assèchent vite. Les populations doivent alors se reporter aux eaux souterraines dont la répartition et l'abondance sont très inégales.

En montagne, l'eau sourd un peu partout pendant la saison pluvieuse. Au fur et à mesure de l'avancement de la saison sèche, les nappes, quand elles existent, s'abaissent rapidement sous l'action conjuguée de la décharge importante vers

l'aval et de l'évaporation facilitée par le grand développement de la frange capillaire dans les horizons meubles des sols de montagne (TILLEMENT, 1970).

Le plus souvent, il n'existe pas de nappes à proprement parler mais des gisements d'eau dans les creux du socle, les fractures et zones d'altération. Si les points d'eau sont nombreux, leur débit reste très faible. En saison sèche, ils tarissent en fin de journée. Les femmes doivent alors parcourir plusieurs kilomètres en montagne pour s'approvisionner ailleurs ou se lever à l'aube pour profiter de la réalimentation du point d'eau au cours de la nuit.

En fin de saison sèche, le niveau d'eau est calé dans la zone pourrie au-dessus de la roche saine. La tranche aquifère se réduit à une épaisseur très faible dans la zone la moins perméable de la frange d'altération parce que constituée d'un bourrage d'argile entre les blocs de roche saine et dans les fissures de la roche-mère. Les points d'eau atteignant cette zone renouvellent très lentement leur réserve d'eau.

Les difficultés d'approvisionnement en eau représentent un handicap sérieux à l'évolution des montagnards, en particulier à l'amélioration de la situation des femmes. Le creusement de puits y est décevant : faible débit ou tarissement en saison sèche. La solution actuelle à ce handicap consiste à édifier de petits barrages au creux des vallées. Mais ces retenues risquent de se polluer rapidement. Des puits-citernes, se réalimentant pendant la nuit à partir de faibles débits, ne seraient-ils pas une meilleure solution, guère plus onéreuse ?

Dans les pénéplaines sur socle, il n'existe pas non plus de nappe à proprement parler. La série d'altération meuble est plus épaisse qu'en montagne mais presque toujours stérile. Aussi, ces immenses pénéplaines monotones sont-elles très démunies d'eau en saison sèche. La plupart des villages s'alimentent à partir d'écoulements souterrains sous-jacents aux rivières à sec. Dans les vallées des grandes rivières (mayo Binder, Louti et affluents), le sous-écoulement est permanent. Les petites rivières, très abondantes sur socle, entretiennent des gisements aquifères discontinus que les villageois exploitent par des puisards recreusés chaque année.

Dans les plaines sédimentaires, les conditions de ravitaillement en eau paraissent meilleures, tout en se révélant très inégales. Quand le comblement est peu épais, les seules réserves d'eau souterraine correspondent aussi à des écoulements sous les lits de rivières à sec. Les sédiments ne sont imprégnés que sur une faible largeur de part et d'autre du cours d'eau. Comme la densité du réseau hydrographique est beaucoup plus faible que sur le socle, de vastes étendues subsistent sans ressources aquifères (plaine de Mora, plaine de Kalfou en bordure du socle).

Quand les sédiments sont plus épais, il y a plus de chances que des séries sableuses entre les argiles contiennent de l'eau en permanence. Mais ces nappes se situent souvent en profondeur. Elles ne peuvent alors être atteintes par les puits traditionnels qui dépassent rarement 10 mètres.

Les villageois s'approvisionnent donc surtout à partir de nappes superficielles accessibles, localisées dans de petites lentilles sableuses. Mais elles n'ont qu'une faible capacité et s'assèchent souvent en fin de saison sèche. Elles ne peuvent alimenter que de petits villages. Les villages les plus importants exploitent les nappes de sous-écoulement en bordure des rivières. Ces nappes sont abondantes et d'autant plus proches de la surface que les puits avoisinent le cours d'eau. Mais le battement de la nappe y est aussi d'autant plus important, si bien que certains puits traditionnels peu profonds se tarissent en fin de saison sèche, contraignant les habitants à se ravitailler aux puits cimentés du Génie Rural.

On pourrait penser que les placages sableux perméables de la plaine de Kalfou constituent de bons réservoirs d'eau pour les nombreux villages de ce secteur. Les recherches effectuées ont montré qu'il n'en est rien. Les dunes ne peuvent, par leur

seul impluvium, se saturer suffisamment en eau pour permettre à de petites nappes de s'individualiser. Il se produit seulement une imprégnation des dunes au niveau de la dépression interdunaire inondée. Mais cette imprégnation ne pénètre pas en profondeur sous les dunes et disparaît avec l'assèchement de la dépression voisine.

Même dans les plaines sédimentaires, l'occupation du sol subit donc les contraintes de l'hydrologie souterraine : vastes secteurs de sédiments stériles jusqu'au socle, nappes alimentées uniquement par l'écoulement sous-jacent à des rivières peu nombreuses, ce qui conduit à l'enfoncement de l'eau souterraine dans les secteurs intermédiaires. Au raccordement de la nappe du Diamaré avec celle du Logone, quand l'eau se trouve à plus de 30 mètres de la surface, le secteur est pratiquement inhabité, comme sur des sédiments stériles (plaine du Logone). Si les conditions sont plus favorables, il arrive qu'un léger enfoncement de la nappe, même à une quinzaine de mètres, suffit pour rebuter les puisatiers locaux assurés de trouver l'eau ailleurs à quelques mètres (Bec de Canard).

Il est certain qu'en ce cas, la contrainte n'est que toute relative. De même, des puits maçonnés en béton armé permettent de lever des hypothèques qui s'imposaient à des puits traditionnels non revêtus. Il est même possible de pallier une hydrologie souterraine déficiente ou négative par le creusement de mares artificielles pour l'abreuvement du bétail (plaine de Mora). Elles assurent au moins une forme d'utilisation de secteurs soustraits à l'agriculture. Encore faut-il que leur usage soit strictement réservé au bétail en raison de l'extrême pollution de l'eau, surtout en saison sèche.

L'ÉROSION ET LES PENTES

La faiblesse des réserves d'eau en montagne tient d'abord à la minceur de la frange d'altération au-dessus de la roche saine. Deux niveaux composent le plus souvent cette frange : un niveau argilo-sableux supérieur meuble reposant sur de la roche pourrie à structure initiale conservée avec des intercalations de blocs de roche saine.

Une mission BRGM a étudié par sondages l'implantation de 700 nouveaux puits dans les monts Mandara en 1966-67. Tous ces sondages se localisent dans des sites privilégiés : bas-fonds, bords de rivière, zones d'épandage. D'après une moyenne de tous ces sondages, le niveau meuble atteint 2,8 mètres d'épaisseur. Les horizons supérieurs sont presque toujours décapés et remplacés dans ces sites par des alluvions ou colluvions. Sur les interfluves et les flancs de relief, il faut s'attendre à rencontrer la roche-mère à moins d'1,5 mètre de profondeur.

Le niveau inférieur de roche pourrie est davantage développé puisqu'il atteint une épaisseur moyenne de 8 mètres. La minceur totale du manteau altéré en montagne ne provient donc pas de ce niveau inférieur mais de la tranche superficielle meuble. En somme, la roche-mère livre assez de produits d'altération mais ils ne restent pas en place. Ils se déplacent facilement en montagne sous l'action de la gravité, aggravée par l'abondance des eaux de ruissellement. Il existe donc une relation directe entre la vigueur de la pente et l'agressivité de l'érosion.

D'autres sondages effectués en 1968 pour l'implantation de puits dans la plaine de Guider tendraient à le prouver. En pénéplaine sur socle, le niveau d'altération meuble atteint une puissance moyenne de 5 à 7 mètres. Le niveau sous-jacent où la structure de la roche est conservée, présente quant à lui la même épaisseur qu'en montagne : une dizaine de mètres. En plaine, les pentes sont moins fortes, l'érosion beaucoup moins violente et les produits de l'altération d'autant moins facilement mobilisés. Il en résulte des sols beaucoup plus profonds donc, a priori, plus favorables aux activités agricoles qu'en montagne.

Il convient cependant de nuancer cette constatation habituelle. Les épaisseurs des deux niveaux d'altération indiquées ci-dessus concernent des sites restreints en montagne, sites de bas-fonds où l'humidité se maintient mieux qu'ailleurs, même en surface. L'humectation du niveau supérieur meuble favorise la décomposition chimique de la roche en place donc le développement d'un niveau épais de roche pourrie. Des épaisseurs de 8 mètres de roche pourrie ne se rencontrent en montagne qu'en bas-fonds peu étendus. Ces résultats ne peuvent être généralisés à toutes les montagnes.

Sur les versants montagneux, le profil suivant est le plus habituel : un niveau meuble superficiel de 50 à 70 cm sur un niveau d'altération de la roche en place d'environ 50 cm. Ce profil indique un certain équilibre entre la fourniture de matériaux désagrégés et altérés à partir de la roche-mère et leur redistribution et mobilisation sous l'effet de l'érosion.

En fait, les pentes des versants montagneux étant rarement régulières, l'érosion s'y fait sentir de façon inégale. Sur de fortes pentes affleurent des dalles rocheuses ou des chaos de boules où les sols ne se maintiennent que dans les fractures ou les interstices entre blocs. Par contre, des replats ou contre-pentes conservent des inclusions de sols profonds relativement bien protégés de l'érosion par de nombreux fragments anguleux en surface. Le paysage de cailloux libres est parfois si serré qu'il induit à supposer l'existence de sols squelettiques alors qu'il existe en réalité un sol profond et argileux en dessous (HUMBEL, BARBERY, 1974). Cette abondance de cailloux qu'il serait tentant d'interpréter comme un obstacle à la mise en valeur des terres, fournit au contraire une protection efficace contre l'érosion.

Les pavages serrés de blocs de toute taille caractérisent surtout les versants montagneux au soubassement granitique. Les roches métamorphiques se débitent moins facilement par fragmentation et désagrégation mécaniques. Il en résulte des pentes aussi fortes mais moins accidentées de ressauts, plus unies. Les débris de roches en surface sont de plus petite taille. Malgré les pentes fortes et régulières, l'érosion sur ces versants montagneux n'est pas très violente non plus.

Même moins nombreux, les quelques cailloux anguleux retiennent quand même mieux la terre fine qu'un sol à nu. D'autre part, la roche-mère s'altère plus vite en une argile qui provient de ses nombreux minéraux ferro-magnésiens décomposés. Il en résulte une argile qui floccule entre les débris de roches, donnant à ces sols une plus grande cohésion que les précédents (STIEFFERMANN, MARTIN, 1963). Sur ce type de substratum, des pentes qui atteignent 30 % sont cultivées en mil dans les massifs sans aucune précaution contre l'érosion.

Les montagnards pallient la sensibilité à l'érosion des pentes plus fortes au moyen de terrasses soutenues par des murettes de pierres sèches jointoyées. Ces aménagements de versants montagneux sont les plus efficaces qui soient contre l'érosion. Ils éparpillent le ruissellement sur toute la largeur des versants et le coupent de multiples ressauts.

Il faut cependant pour cela que le système de terrassement couvre l'ensemble du versant. Si les eaux dévalent librement sur une partie de la pente, elles atteignent les murettes avec suffisamment de force pour les démanteler par le haut ou les déchausser par la base. La mise en terrasses augmente l'infiltration de l'eau dans les sols et leur donne une profondeur suffisante pour que les accès de sécheresse en début de saison pluvieuse freinent moins les activités culturales.

Sur le plateau, la pente générale faiblit brutalement, donc l'érosion n'est plus une préoccupation dominante comme en montagne. Cependant, une topographie mouvementée dans le détail, des sols de texture sablo-graveleuse à faible cohésion, rendent ce milieu sensible à l'érosion. Dans le modelé, les pentes sont soutenues et les sols, mal protégés contre l'érosion, subissent de ce fait des pertes sérieuses. « Les

habitants négligent leur mise en terrasses ou même n'en font pas du tout, ce qui est une grave erreur » (SEGALIN, VALLERIE, 1963).

Il faut avouer que la mise en terrasses ne s'impose pas comme en montagne. D'une part, la roche-mère ne livre que des graviers et non des blocs anguleux comme en montagne. Il est impossible d'édifier des murettes de pierres jointoyées. Les talus de cailloux s'éboulent facilement lors de grosses averses. D'autre part, le fait de rassembler les cailloux de surface en petits talus, supprime le cailloutis superficiel protecteur des sols.

Le même dilemme se pose pour certains secteurs de piémont très sensibles à l'érosion, en particulier au sud des monts Mandara. Sur pentes faibles mais régulières se manifeste une érosion en nappes s'aggravant parfois de ravines. L'érosion en nappes se traduit par une dénudation du sol, des plages de sables grossiers libres de quelques centimètres d'épaisseur, des micro-abrupts d'arrachement du sol, de petites rigoles d'écoulement des eaux. Les dénivellées sont faibles, le réseau hydrographique serré et peu hiérarchisé mais l'action de l'érosion généralisée. Les sols sont tronqués de leurs horizons supérieurs.

Au sud de Dourbey, des terrassettes de cailloux, autrefois mises en culture, se trouvent maintenant à l'abandon. La partie fine des sols a presque complètement disparu. Le paysage est vallonné avec des cailloux en abondance en surface. Sous les tapis de cailloux, subsistent des argiles rouges.

L'édification de terrassettes pour limiter l'érosion n'a pas compensé la suppression du cailloutis superficiel, peut-être plus efficace. De plus, elle a exposé aux pluies des argiles rouges dont la stabilité des agrégats à l'humectation est médiocre. L'ameublissement du sol et son épierrement ont conduit à une dégradation irréversible par érosion. Sur pente non cultivée, le résidu caillouteux concentré en surface ralentit l'érosion en nappes et ravines. Par contre, il existe maintenant des ravinements superficiels récents recoupant les anciennes terrasses de culture (HUMBEL, BARBERY, 1974).

Sur pentes faibles de plateau et de piémont, l'érosion paraît a priori moins agressive qu'en montagne et pourtant, ses effets y sont presque aussi contraignants pour l'utilisation des terres. On aboutit à la conclusion que les cultivateurs se trouvent plus désarmés devant cette érosion qu'en montagne. La nécessité d'aménagements anti-érosifs ne s'impose pas à eux d'emblée.

Dans le secteur de colonisation du piémont du Peské-Bori, la menace de l'érosion est sérieuse sur des sols récemment déboisés. Pourtant, les cultivateurs n'édifient pas d'eux-mêmes des terrasses. L'organisme d'encadrement paie des salariés pour les construire. De fait, le système des terrasses n'est pas aussi efficace en piémont qu'en montagne.

Dans la plaine de Koza, les cultivateurs cherchent plutôt à lutter contre l'érosion en mettant en place des bandes herbeuses, des ados de vieilles tiges de mil ou de mauvaises herbes entassées en petites levées allongées. Ils créent aussi, lors des sarclages, un micro-relief de petites buttes pour éparpiller le ruissellement dans les creux. Mais toutes ces tentatives ne résistent pas toujours aux lames d'eau qui dévalent sur le piémont à partir du pied de la montagne.

Les observations concernant le piémont sont aussi valables pour une grande partie des plaines. Malgré leurs pentes encore plus faibles, l'érosion se manifeste en de nombreux secteurs, en particulier dans les pénélaines sur socle.

La dégradation globale de matériaux, dans la partie méridionale de la région, est estimée à 600-700 tonnes par an et par kilomètre carré (PELLERAY). Contrairement à une supposition, l'agressivité de l'érosion n'est donc pas nulle en plaine. D'après GAVAUD, RIEFFEL, MULLER (1975), l'érosion enlève 690 tonnes/an/km² sur la partie aplanie du bassin qui voisine la vallée de la Bénoué. VALLERIE (1964) cite le chiffre de 640 tonnes, fourni par l'étude des hydrologues de l'ORSTOM, concernant un

petit bassin versant au nord de Figuil, en terrain non cultivé. Ces chiffres concordent donc pour souligner l'importance de la dégradation des sols en plaine.

L'observation des paysages confirme ces mesures de transport solide. Dans toute la partie centrale des plaines sur socle de la Bénoué, le paysage est très marqué par les effets de l'érosion, bien que les dénivellées ne soient pas importantes. Le réseau hydrographique est serré et inscrit dans la roche. L'activité de l'érosion détermine les particularités des sols : sols peu profonds (50-60 cm) et incomplets, tous les horizons n'ayant pas le temps de se différencier. Par exemple, des « champs de cailloux » enfouissent ou interrompent un horizon d'argiles noires sous-jacent de faible épaisseur. Ailleurs, l'érosion décape l'horizon humifère supérieur ou déblaie l'ensemble du profil meuble d'un sol antérieur, ne laissant plus que la « racine » du sol. Dans ce cas, l'érosion a déjà évacué la majeure partie des éléments fins argileux. Cela se traduit par une faible capacité de rétention en eau : les sols deviennent alors très sensibles aux accès de sécheresse. Les sols incomplets par suite de l'érosion mais conservant un peu d'argile, se comportent un peu mieux.

Comment les agriculteurs font-ils face aux dangers de l'érosion en plaine sur roches ? Ils mettent fréquemment ces sols en culture de mil ou de coton quand l'argile leur donne un peu plus de corps, sans prendre de précautions particulières contre l'érosion. Le défrichement, l'ameublement de l'horizon humifère superficiel par les pratiques culturales, exacerbent l'érosion en nappes et en rigoles. Après quelques années, la surface du sol est tronquée de sa couverture pédologique meuble utile pour l'agriculteur. La dégradation du potentiel agronomique est irréversible, ces sols se renouvelant moins vite que ceux de montagne.

En plaine sédimentaire, l'action érosive du ruissellement, bien que non négligeable sur les moindres pentes, n'atteint pas la même gravité. Il s'agit surtout ici d'une érosion des berges de cours d'eau. On a vu que le remblaiement des plaines par des dépôts très hétérogènes supposait déjà un déplacement latéral incessant des rivières ou des cours d'eau qui les ont précédées au Quaternaire. Même à présent, dès qu'elles abordent la plaine, les grandes rivières changent souvent de lit, émettent des défluent ou rongent leurs berges. Le lit mineur oscille au milieu de sa plaine d'alluvionnement. Ce faisant, les cours d'eau attaquent les sols les plus fertiles. Le recul des berges peut atteindre plusieurs mètres par an. L'eau affouille les rives mal consolidées qui s'effondrent par pans entiers, parfois en plein champ de mil.

Les rivières du bassin de la Bénoué (mayo Louti) présentent un comportement différent. Elles ne divaguent pas sur leur plaine mais, gardant une partie de leur capacité érosive après leur sortie de la montagne, elles l'entaillent en ravins parfois profonds. On a noté comment le mayo Louti recrée ainsi d'anciennes alluvions dans la plaine de Gawar. L'enfoncement des grands cours d'eau dans leurs alluvions provoque à son tour une reprise d'érosion qui gagne les plus petits affluents. Le mayo Louti est bordé de ravins d'érosion composant un paysage de « bad-lands » sur plusieurs centaines de mètres de large. Plus loin, le regain érosif se traduit par des sols tronqués de leur horizon superficiel ou démunis en partie de leurs éléments fins argileux.

Les cultivateurs de plaine cherchent à cultiver de préférence les berges alluviales car elles présentent les sols les plus riches de la région. Par suite du recul des berges ou de l'entaille des ravines, ils finissent par constater la disparition d'une partie du champ ou sa destruction complète. Les cultivateurs se trouvent totalement désarmés devant cette forme d'érosion. Il existe pourtant quelques techniques anti-érosives.

Dans le périmètre de colonisation de Doulo-Ganay, il est interdit de déboiser les berges du mayo Sava sur une certaine largeur. Mais les paysans ne délaissent ces sols que sous la contrainte. Pourtant, il est certain que le déboisement des rives et

leur mise en culture ne peut qu'accélérer leur érosion. De petits barrages en pierres au travers de certaines rivières retarderaient aussi la disparition des terrains de culture avoisinants.

Malgré tout, ces techniques ne préservent pas toujours les sols de manière absolue. Dans les plaines au sud des monts Mandara, la reprise d'érosion semble provenir d'un phénomène naturel. L'abaissement du niveau de base général se traduit par une entaille des alluvions et une dissection d'ensemble des pénéplaines. Il est difficile de contrecarrer ces effets pour préserver les sols. Les cultivateurs, impuissants, observent le phénomène prendre de plus en plus d'ampleur. Comme il semble que les rivières n'aient pas encore atteint leur profil d'équilibre, on voit mal comment arrêter le travail des forces naturelles.

Il en résulte une conclusion valable pour toute la région et déjà formulée : *« d'une manière paradoxale, ce sont les sols de montagne qui sont les mieux protégés et ceux des plaines qui pâtissent le plus des ravages des eaux »* (SEGALEN, 1962).

DES SOLS DÉFICIENTS

L'agressivité de l'érosion peut être favorisée par les propriétés de certains sols. Par exemple, ceux dont la texture compacte entraîne un mauvais drainage interne, présentent un refus important à l'infiltration. Il s'ensuit un écoulement en nappes et un ruissellement concentré plus fréquents que sur les sols à bon drainage interne.

Inversement, l'érosion compromet souvent les qualités agricoles des sols affectés : sols peu profonds, avec peu d'éléments fins argileux, vite asséchés, souvent dénudés de végétation en surface donc à faibles apports organiques.

Indépendamment de l'érosion, d'autres sols présentent de graves déficiences qui compromettent ou limitent leur utilisation agricole. L'analyse de ces cas s'appuie sur les cartes d'utilisation des sols établies par les pédologues de l'ORSTOM à la suite des cartes pédologiques.

Il se pose cependant un grave problème si l'on suit fidèlement les conclusions des pédologues. Pour eux, les montagnes du Mandara sont recouvertes de sols minéraux bruts squelettiques ou uniquement de rochers nus et d'arènes. Les minéraux s'altèrent très peu, par suite d'une durée d'évolution très courte, tenant à une mobilisation incessante des matériaux par l'érosion. Ces sols non évolués présentent un profil pédologique incomplet avec seulement un horizon de surface souvent artificiel (A) sur un horizon d'altération de la roche-mère C ou directement la roche saine R.

Pour la plupart des pédologues, les sols de montagne ne présentent aucun intérêt agronomique. Ils proposent leur abandon pur et simple. *« Ces sols ne doivent leur utilisation qu'à des circonstances historiques »* (MARTIN, 1961). *« Un abandon pur et simple de ces régions serait à conseiller, si on savait où installer les habitants »* (SIEFFERMANN, MARTIN, 1963). *« La mise en culture de ces terrains difficiles suscite plus d'admiration que d'intérêt »* (HUMBEL, BARBERY, 1974).

Seuls SEGALEN et VALLERIE (1963) hésitent à aller jusqu'au bout de leur jugement pédologique. Ils avouent qu'ils seraient tentés de classer ces sols de montagne comme impropres à la culture. Mais ce serait un non-sens, écrivent-ils. *« Il est par exemple impensable de conseiller le reboisement des montagnes à l'heure actuelle, les populations montagnardes utilisant ces sols comme terrains de culture. »*

Il est compréhensible que ces « sols » ne présentent pas d'intérêt scientifique pour les pédologues car aucun processus de formation de sol n'est discernable. Ce sont des « sols » toujours jeunes, constamment remaniés et réalimentés en matériaux frais par la roche-mère sous-jacente. Mais qu'en est-il vraiment de leur fertilité ? En fait, très peu de données sont disponibles, concernant les sols de

montagne. On a quand même réussi à extraire des notices de cartes pédologiques les quelques résultats d'analyses chimiques suivants :

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques de sols de montagnes et de plateaux

	Massifs de			Plateaux de		
	Mora	Mokolo	Téléki	Bosoum	Mokolo	Kapsiki
	sur granites r.méta.					
matière organique (1)	0,8 - 1,6 %	1,8 %	0,3%	0,3%	0,2-1%	1%
rapport <u>carbone</u> azote (2)	11,3		10	13	10-13	14
capacité d'échange (3)			7	10-15	4-6	4-9
somme des cations fixés (4)					3-5	
degré de saturation (5)	saturé	saturé	85 %	70-100	50-100	80
réserves minérales (6)	25-35	30		50	2,7-3,1	8-12
pH(7)	6,5-7,5		6,8 6,9	7	6,3-5,5	6-6,5

(1) Exprimée en pourcentage, par rapport à 100 g de sol ; teneur correcte à partir de 1 %.

(2) Exprime la qualité de la matière organique d'après sa décomposition ; matière organique bien décomposée avec un rapport de 10, mal décomposée au-dessus de 20.

(3) Exprime la quantité d'éléments fertilisants que peut retenir le sol, en milliéquivalents pour 100 g de sol ; faible de 0 à 10, moyenne de 10 à 30, forte au-dessus de 30 mé.

(4) Exprime la quantité d'éléments fertilisants effectivement fixés dans le sol ; très faible de 0 à 2, faible de 2 à 5, bonne de 5 à 15 mé.

(5) Exprime le rapport (3)/(4) ; faible de 0 à 10 %, moyen de 10 à 30 %, bon de 30 à 60 %, élevé au-dessus de 60 %.

(6) Exprime la quantité d'éléments fertilisants que la plante ne peut utiliser immédiatement ; correcte au-dessus de 20 mé.

(7) Exprime la réaction du sol ; acide à moins de 4, légèrement acide de 4 à 7, légèrement alcalin de 7 à 8.

Les analyses chimiques des sols sur les massifs de Mora, Mokolo et Téléki au sud, concernent des sols sur arènes du socle. Il est à souligner que, dans l'ensemble, ils sont bien pourvus en matière organique qui provient souvent d'apports de fumure. Le rapport C/N indique une bonne décomposition de cette matière organique. Le pH est neutre ou faiblement acide ; il n'y a pas de lessivage.

La capacité de rétention des éléments fertilisants, variable selon les teneurs en argiles, reste quand même assez faible. Mais les sols utilisent cette capacité à plein puisqu'ils sont tous saturés. Enfin, ils disposent d'importantes réserves d'éléments fertilisants, très abondantes en chaux mais notables aussi en tous minéraux (magnésium, potassium, sodium) et phosphore.

Cette réserve minérale abondante provient de la décomposition de la roche-mère d'autant plus importante qu'il s'agit de granites à gros grains. Cependant, les

plantes ne peuvent disposer immédiatement de tous ces éléments fertilisants. La décomposition se produit le plus souvent sous forme de feldspaths résistants aux agents de destruction. A la longue pourtant, ils s'altèrent en minéraux argileux. Comme le milieu est neutre, ces argiles sont surtout des illites et des montmorillonites. Or ces argiles donnent au sol une grande capacité de rétention des éléments fertilisants, contrairement à la kaolinite formée en milieu acide (1).

On comprend donc que plus ces sols sont fournis en argile, plus ils sont fertiles. Malheureusement, les teneurs en argile sont souvent inférieures à 10%. Autant ces sols sur pente reçoivent lentement l'argile d'altération, autant ils risquent de la perdre vite par érosion. La mise en terrasses s'impose donc de façon absolue pour retenir le plus possible d'éléments fins argileux.

Les sols désignés par les pédologues « sols minéraux bruts » ou « lithosols » sont loin de constituer le seul support agricole en montagne. Les cultures se localisent de préférence sur les replats portant des sols plus profonds ou de petits volumes de terre meuble entre les rochers. L'étude détaillée de ces inclusions de sols profonds n'a été entamée que par HUMBEL et BARBERY (1974) sur le massif Bosoum au sud des monts Mandara. Il est intéressant de confronter les résultats de leur analyse chimique à ceux des sols précédents.

Le sol du massif Bosoum apparaît encore mieux fourni en matière organique et plus riche en éléments fertilisants que les précédents, en rapport avec un taux d'argile un peu plus élevé. Il n'est pas suffisant cependant pour lui assurer une bonne rétention de l'eau infiltrée. Tous les sols de montagne présentent une texture poreuse les rendant sensibles aux arrêts de pluies, sensibilité un peu tempérée par les terrasses.

En conclusion, il est peu satisfaisant de retenir les affleurements rocheux nus et les arènes pour caractériser l'ensemble de ces sols de montagne, comme l'ont fait jusqu'ici les pédologues. Les rochers occupent en fait rarement la moitié de la superficie des versants montagneux. Entre eux s'intercalent des sols originaux, en partie artificiels et le plus souvent fertiles. L'étude pédologique et agronomique des pentes rocheuses des monts Mandara reste à faire.

Pour apprécier la fertilité des sols de montagne, leurs propriétés chimiques sont comparées dans le même tableau, avec celles des sols du plateau de Mokolo et des Kapsiki (2).

Les sols de plateau, un peu meilleurs sur le plateau Kapsiki que sur celui de Mokolo, n'offrent qu'un médiocre support agricole. La matière organique est faible, de même que l'azote et la réaction du sol acide. Les argiles, dont le pourcentage ne dépasse pas 10%, sont surtout des kaolinites, ce qui se traduit par une faible capacité de rétention des éléments fertilisants. Eux-mêmes se trouvent en très faibles réserves dans le sol par rapport aux montagnes. Seule la chaux est bien représentée, la magnésie, la potasse et la soude étant à peine dosables. En plus de cette fertilité médiocre, il faut rappeler que ces sols sont sensibles à l'érosion et moins bien protégés contre elle que les versants de montagne.

En plaine, les propriétés des sols sont mieux connues qu'en montagne. Leurs déficiences tiennent parfois à leur texture : porosité et drainage excessifs ou insuffisants, à leur faible profondeur ou à leur pente, trop faible ou nulle. Mais ces facteurs ne deviennent vraiment contraignants pour l'utilisation des terres que par le biais de l'érosion ou de l'irrégularité climatique déjà analysées. Il n'est donc pas nécessaire d'y revenir.

(1) La montmorillonite pure a une capacité de rétention de 100, la kaolinite pure de 10 seulement.

(2) La fertilité des sols de montagne n'est pas uniforme. On remarque la moindre qualité des sols des massifs de Téléki, surtout ceux développés sur roches métamorphiques.

Par contre, il existe en plaine des sols dont les caractéristiques intrinsèques constituent un frein ou un obstacle à leur mise en culture. Par exemple, les sols ferrugineux se comportent toujours comme des sols pauvres tandis que les sols halomorphes sont pratiquement stériles.

Les sols ferrugineux se définissent par le lessivage de l'argile et du fer de l'horizon supérieur et leur accumulation en un horizon moyen plus ou moins massif et rouge. Ils se développent dans la région sur différentes roches-mères : granites, grès de Garoua, sables (plaines sableuses et dunes). D'un soubassement à l'autre, ce sont toujours des sols peu fertiles, comme le montrent leurs propriétés chimiques. Le tableau ci-joint l'illustre à partir des études pédologiques dans la région, en ce qui concerne l'horizon superficiel, support direct des cultures.

Tableau 3 : Caractéristiques chimiques de sols ferrugineux

	sols sur granites	sols sur grès de Garoua	sols de plaines sableuses	sols de dunes
matière organique (1)	- 1 %	0,7 %	0,4-0,5 %	0,3 %
rapport C/N	15	16	10	8
capacité d'échange	4-6 mē	3 mē	3-8 mē	3,5-5 mē
somme des actions fixées			1-2,5 mē	1,8-4 mē
degré de saturation	75-90 %	35 %		50-70 %
réserves minérales	3-7 mē	1 mē	6-10 mē	6 mē
pH	6-7	6,1	5,7	5,9

(1) Pour les échelles de valeur, se reporter au tableau précédent.

Les teneurs en matière organique sont faibles mais celles d'azote aussi. La capacité de rétention des éléments fertilisants, très faible, s'explique en partie par les faibles teneurs en argile, partout inférieures à 15% dans cet horizon de surface lessivé. Elles augmentent fortement en profondeur et pourtant, la capacité de rétention s'accroît peu ou pas du tout. En effet, le complexe argileux comprend surtout des kaolinites, en liaison avec un pH déjà acide en surface et encore plus en profondeur. La montmorillonite à forte capacité de rétention se maintient difficilement dans ce milieu. Ces sols n'utilisent même pas la faible capacité de rétention que leur donnent leurs argiles puisque leur degré de saturation n'est que moyen dans l'ensemble. Enfin, les réserves minérales sont toujours faibles, en particulier sur les grès de Garoua.

Toutes ces terres sont donc médiocres, pauvres en matière organique et éléments nutritifs. Les cultures ne peuvent y donner que de faibles rendements et nécessitent de longues jachères pour permettre aux sols de se reconstituer. Ils sont assez répandus dans la région, en particulier dans la plaine de Kalfou et le Bec de Canard.

Les sols halomorphes présentent des propriétés encore plus contraignantes pour leur mise en valeur. Les habitants de la région les connaissent bien, les appelant en foulfouldé « hardé » c'est-à-dire, sols stériles. Les pédologues les nomment aussi sols sodiques parce qu'ils se caractérisent par un excès de sodium parfois énorme sur les autres minéraux.

Leur excès de sodium provient le plus souvent des minéraux feldspathiques de la roche-mère sous-jacente. Il se traduit dans les sols par la présence à profondeur moyenne d'un horizon gris, compact et perméable, de structure massive. En saison sèche, il durcit en dalle. En saison des pluies, il s'humecte lentement mais, une fois imprégné d'eau, il devient fluide par dispersion de l'argile.

L'horizon supérieur, au contraire, est sableux, poreux, fréquenté de quelques racines mais le contact se fait de façon brutale avec l'horizon argileux. Comme ces sols sont très sensibles à l'érosion en nappes, il arrive que l'horizon sableux meuble de surface soit décapé et que la dalle argileuse affleure dans un paysage dénudé.

Ces sols présentent la particularité de conjuguer des propriétés physiques, hydriques, organiques et biologiques, chimiques enfin, largement défavorables aux cultures (HUMBEL, BARBERY, 1974).

Parmi les propriétés physiques, citons la compacité et l'imperméabilité de l'horizon argileux s'opposant aux échanges d'air, à la pénétration de l'eau et des racines, la mauvaise stabilité à l'état humide. Le comportement hydrique est caractérisé par un refus important à l'infiltration qui engendre un ruissellement dangereux, surtout en nappes. La vie biologique est très faible par suite de la compacité du sol.

Les propriétés chimiques sont dominées par l'excès de sodium en profondeur et par la rareté d'autres minéraux et de phosphore. Pendant la saison des pluies, la mauvaise pénétration de l'eau ne permet pas l'élimination des sels en excès.

Ces sols sont représentés un peu partout dans la région. En plaine du Diamaré et de Mora, la superficie des « hardé » est évaluée à 50 000 hectares et à 200 000 celle de sols apparentés mais aux caractéristiques moins nettes.

Comme ils présentent quand même de bonnes réserves d'éléments fertilisants et qu'ils occupent des terrains plats se prêtant à l'évolution d'engins pour une culture mécanisée, il a paru possible de les récupérer pour le coton. Mais il fallait, pour cela, modifier leurs propriétés physiques et hydriques, ce qui fut tenté au moyen du sous-solage.

Le sous-solage consiste à défoncer le sol avec des engins puissants de façon à ouvrir l'horizon argileux compact. Un drainage interne se mettra en place, de même que des échanges gazeux. Les racines du cotonnier pourront progresser dans cet horizon ameubli.

Les essais de sous-solage de « hardé » ont tous été abandonnés après quelques années. Les raisons tiennent au coût élevé des pratiques culturales mécanisées que ne peut amortir la culture du coton. Le sous-solage lui-même a le plus souvent échoué. L'horizon argileux a rarement été ouvert dans toute son épaisseur et le niveau travaillé s'est vite refermé. L'ameublissement superficiel a favorisé l'érosion en nappes au lieu de l'arrêter.

Quelques années plus tard, la leçon de cet échec fut tirée. Au lieu de s'évertuer à faire pousser dans ces sols une plante à enracinement profond, il était préférable d'y introduire le riz, plante à enracinement superficiel. Pour cette culture, il est nécessaire d'établir, en fin de saison des pluies, un réseau de diguettes qui retiendront l'eau sur place l'année suivante.

Les résultats ne semblent pas avoir justifié les espérances soulevées par cette méthode. Les carences de ce type de sol en phosphore et potassium exigent des apports onéreux d'engrais. Aucune solution ne permet encore de contrer les remontées de sodium dans l'horizon superficiel imbibé d'eau.

Faut-il réserver ces terrains au reboisement ? Un essai déjà ancien au sud de Maroua n'a pas été concluant (MARTIN, 1963).

Dès lors, on voit mal comment surmonter les propriétés contraignantes de ces sols, dans l'état actuel des techniques et des prix de revient de toute opération mécanisée.

Quelques atouts non négligeables

En contrepoint aux données naturelles défavorables à une mise en valeur agricole, d'autres présentent des propriétés intéressantes qui rendent compte, en partie, des fortes densités générales de la région. Certaines sont mises à profit depuis longtemps par les habitants, d'autres de façon plus récente tandis que les dernières restent encore en grande partie à l'état potentiel.

LES MONTAGNES

Au risque de contredire toutes les études antérieures, les conditions naturelles offertes par les montagnes peuvent être estimées plutôt favorables aux activités agricoles. Bien sûr, ces bonnes disponibilités naturelles sont surtout révélées par l'intense mise en valeur et les densités de peuplement étonnantes des montagnards. Ces populations ont grandement modifié le milieu naturel de départ en s'assurant une maîtrise de la pente et de l'érosion. Il n'en reste pas moins que le support agricole est bon.

Quelques résultats d'analyses chimiques ont déjà démontré la qualité des sols de montagne. Pour résumer, la fertilité de ces sols tient surtout à deux facteurs : l'abondance de matière organique et la richesse en réserves minérales bien équilibrées et en phosphore. Cette abondance et bonne proportion proviennent de la composition des roches-mères, des granites à gros grains riches en minéraux ferro-magnésiens. En se décomposant, ces minéraux libèrent des éléments fertilisants assimilables par les plantes.

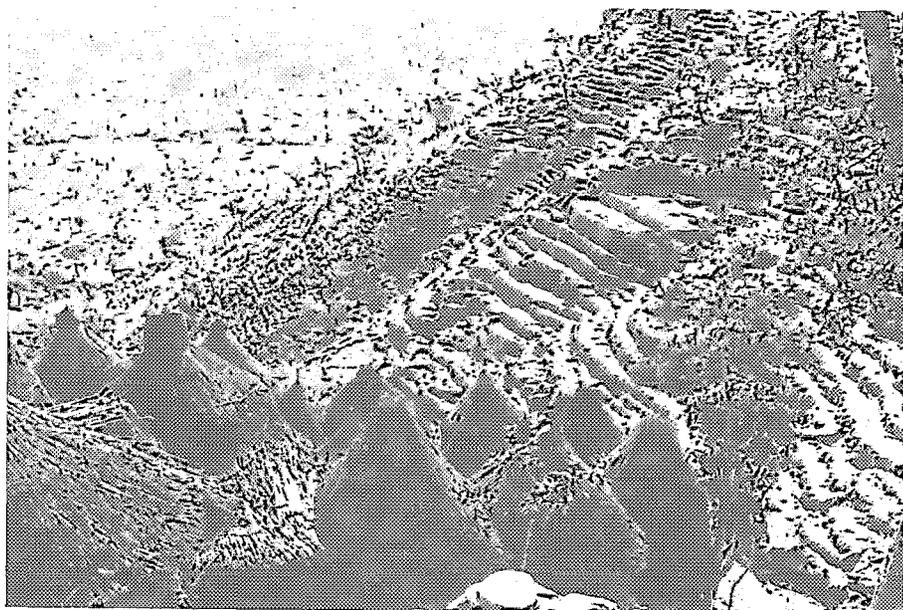
Les sols présentent en plus une texture légère et perméable défavorable à la rétention de l'eau mais favorable aux actions biologiques. La matière organique, provenant en partie d'apports de fumure, se minéralise très vite par suite de la bonne aération des sols, si bien que l'horizon humifère s'individualise mal. Mais cette minéralisation libère du gaz carbonique et des composés azotés qui accélèrent l'altération de la roche-mère. Une autre partie d'acide carbonique mis en solution provient de la respiration des micro-organismes dans le sol.

L'acide carbonique joue un grand rôle dans l'attaque des minéraux des roches qui donne des carbonates et des bicarbonates. L'abondance de carbonates ne provoque pourtant pas de déséquilibre cationique comme dans d'autres sols de plaine (sols halomorphes). Grâce au bon drainage interne des sols de montagne, les ions sodium, calcium et magnésium sont facilement évacués par les eaux d'imbibition. En somme, ces sols, grâce à la proximité de la roche-mère, sont constamment rajeunis. Ils sont le siège d'une réaction chimique qui fournit continuellement des éléments fertilisants.

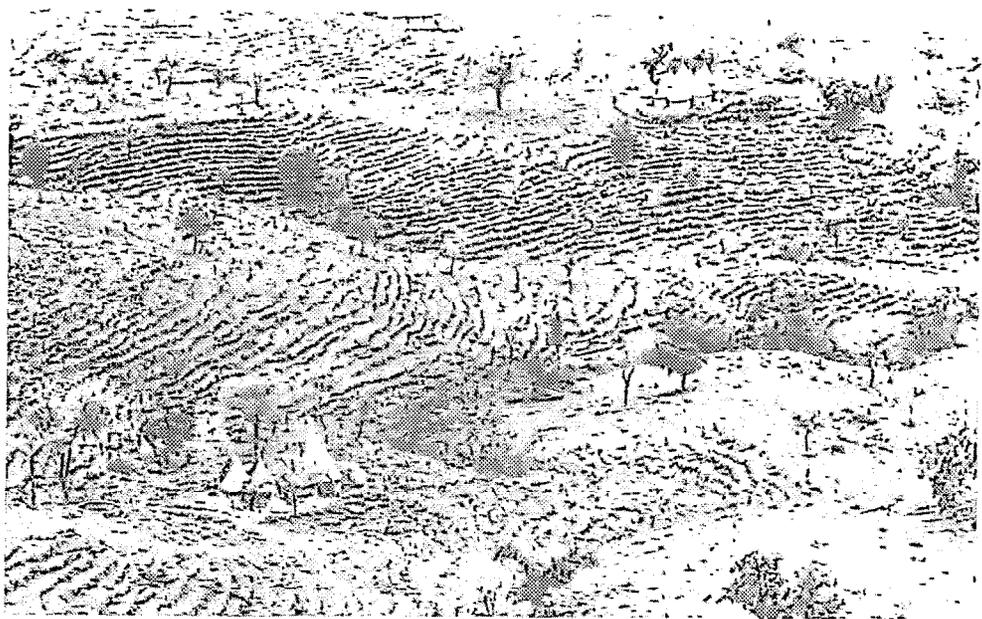
La réaction chimique est d'autant plus rapide et importante que le climat est plus humide et que la roche se trouve en contact à la fois avec les eaux d'infiltration et l'atmosphère. La nuance plus humide du climat des monts Mandara pourrait donc y concourir, de même que la bonne porosité des sols. La mise en terrasses et l'approfondissement des sols pallient en partie leur manque de retenue d'eau.

L'affleurement fréquent de rochers sur les pentes ne signifie pas que les sols

Maîtrise de la Montagne



3. Des sommets jusqu'en bas de leurs montagnes, les Podokwo ont aménagé des escaliers de hautes terrasses. (Cliché J. BOUTRAIS).



4. Un lacs de sentiers parcourt la montagne, suit la courbe des terrasses et relie les habitations isolées sur leur versant (massif Djingliya, Mafa). (Cliché J. BOUTRAIS).

entre les rochers sont tous peu épais. La topographie de la roche sous-jacente est accidentée de diaclases, creux et replats. L'épaisseur des sols sur pente varie donc sans cesse. Dans les creux, des poches de sols profonds maintiennent plus longtemps leur humidité. Leur horizon C d'altération participe aussi au stockage de l'humidité. La mise en terrasses aboutit au même résultat.

Les murettes de pierres jointoyées dépassent souvent un mètre de haut sur les massifs Podokwo. En leur donnant plus d'épaisseur, la mise en terrasses réduit leur assèchement et retarde d'autant l'arrêt de l'activité des sols en saison sèche.

Autant les sols squelettiques de montagne sont habituellement estimés peu favorables à la culture, autant ils seraient difficiles à travailler parce que caillouteux et en pente. Ceux de plateau seraient plus faciles à cultiver grâce à leur topographie plane.

Il paraît évident, pour un observateur habitué à d'autres techniques de culture, que les fortes pentes et la fréquence des affleurements rocheux entravent a priori leur mise en valeur. Mais on a déjà noté combien la fourniture abondante de matériaux rocheux sur pente permet de lutter efficacement contre l'érosion. De même, les cailloux de surface, si gênants soient-ils pour les travaux agricoles, assurent une protection remarquable contre l'érosion en nappes et l'impact des gouttes de pluie (HUMBEL, BARBERY, 1974).

Il est inexact d'affirmer qu'en montagne, les champs souffrent de la pente. Par l'aménagement intégral des versants, les montagnards réussissent à obtenir des champs composés de multiples banquettes horizontales. Les sols peu argileux de montagne sont sans doute plus faciles à travailler à la houe, parce que plus légers que ceux de plaine.

Enfin, des observateurs ont remarqué que l'aménagement des pentes en terrasses rend les travaux agricoles moins pénibles, le cultivateur se tenant souvent sur le niveau inférieur pour sarcler et nettoyer la banquette supérieure.

Toute une série de raisons peuvent donc remettre en cause l'affirmation selon laquelle la mise en valeur des montagnes ne tiendrait qu'à des circonstances historiques.

DE BONS SOLS DE PLAINE

Les meilleurs sols de plaine se rencontrent sur les alluvions déposées le long des grandes rivières, en bandes plus ou moins larges.

Malgré leur texture variable en liaison avec leur mode de dépôt, ils présentent déjà de bonnes propriétés physiques : grande épaisseur, texture hétérogène mais souvent fine leur donnant une bonne capacité de rétention d'eau, pas de dureté ou compacité excessives si bien qu'ils sont faciles à travailler à la houe, bon drainage interne limitant l'érosion en nappes.

De bonnes propriétés chimiques complètent ces qualités, avec cependant des nuances entre les sols sur alluvions actuelles et ceux sur alluvions récentes un peu moins fertiles.

Les teneurs en matière organique sont bonnes sur les alluvions actuelles mais déjà plus faibles sur les alluvions récentes. Le rapport carbone/azote indique une bonne activité biologique générale de ces sols, facilitée par leur texture légère et leurs bonnes propriétés physiques.

La capacité de rétention en éléments fertilisants varie en fonction des teneurs en argile dont il est difficile de donner une moyenne tant l'alluvionnement est hétérogène. Mais elle montre la nette supériorité des alluvions actuelles sur les récentes. Cela tient à la texture un peu plus sableuse des secondes et à leur pH légèrement acide en surface. Un bon drainage interne se traduit déjà par un léger lessivage et une baisse du pH de ces sols en surface.

Tableau 4 : Caractéristiques chimiques de sols sur alluvions

	alluvions actuelles plaines de		alluvions récentes plaines de	
	Mora	Tokombéré	Mora	Maroua
matière organique	1,6%	1-4%	0,6-1,4%	0,8%
rapport C/N	11		8-11	
capacité d'échange	10-30 mé	10-30 mé	5-8 mé	7-18 mé
somme des cations fixés	8-9 mé		3-7 mé	5-15 mé
degré de saturation	saturé		80-90%	
réserves minérales	25-40 mé		15-30	fortes
pH	7,5	7	6,1	6,8-7,5

Les sols sur alluvions actuelles fixent à peu près tous les éléments fertilisants possibles. Leur fort degré de saturation est en rapport avec des pH élevés et un bon état général. Les éléments fixés se répartissent toujours de façon équilibrée : forte teneur en chaux, magnésium et potasse jamais déficients et très peu de soude.

Les réserves minérales sont particulièrement élevées dans les alluvions actuelles qui contiennent encore beaucoup de minéraux non décomposés. Leurs taux de phosphore sont corrects alors qu'ils peuvent être déficients dans les sols sur alluvions récentes.

L'ensemble de ces sols présentent donc de bonnes propriétés chimiques mais ceux sur alluvions actuelles s'imposent comme les meilleurs de la plaine. Comme en plus de leur grande fertilité, ils sont faciles à travailler, ils supportent des cultures denses de mil et de coton. Les rendements de coton le long du mayo Nguéchéwé, dans la plaine de Mora, dépassent parfois 2 tonnes/hectare.

Malheureusement, leur extension se limite aux abords des grandes rivières. A partir des classes de sols distinguées par MARTIN (1961) et SEGALIN (1962), leur superficie couvre environ 77 000 hectares dans la plaine de Mora et aux environs de Maroua, répartis de la façon suivante :

Tableau 5 : Extension des sols sur alluvions dans les plaines centrales

	superficie totale	alluvions actuelles	alluvions récentes	pourcentage par rapport à la superficie totale
plaine de Mora	120 000 ha	12 500 ha	25 000 ha	31%
environs de Maroua (y compris Tokombéré-Warba)	257 000 ha	7 000 ha	33 200 ha	16%

Ainsi, les meilleurs sols de plaine se trouvent sur les alluvions les plus neuves mais dont l'extension est la plus restreinte. De toute façon, les sols sur ces deux types d'alluvions sont intéressants et doivent permettre des récoltes satisfaisantes.

LA POSSIBILITÉ DE CULTURES D'ARRIÈRE-SAISON

Il existe une autre catégorie de sols fertiles en plaine mais d'un type particulier, les argiles noires. Les pédologues les nomment « vertisols » parce que leur texture reste homogène à travers tout le profil.

Ce sont des argiles surtout du type montmorillonite. La kaolinite et l'illite sont aussi présentes mais en très faible quantité. Les montmorillonites confèrent à ces sols une capacité moyenne de rétention des éléments fertilisants de 35 à 40 mé., ce qui en fait les plus riches de la plaine. Les propriétés chimiques de quelques sols de ce type en plaine confirment leur grande fertilité.

Tableau 6 : Caractéristiques chimiques d'argiles noires (karal).

	« karal » de Kolofata	« karal » de Maroua	« karal » de Kaélé
matière organique	0,9-1,4 %	0-8 %	1,3-1,7 %
rapport C/N	12	16	11-14
capacité d'échange	20-30 mé	25 mé	13-22 mé
degré de saturation	saturé	70 %	60-75 %
pH	7,5-9	7,8-8	variable

Le « Karal » de Kaélé se situe sur pentes légères de la pénéplaine alors que ceux de Kolofata et Maroua correspondent à des secteurs plans où l'écoulement des eaux est très lent. Les pourcentages d'argiles avoisinent 40 % dans tout leur profil contre seulement 20-30 % en surface pour celui de Kaélé. La faible teneur relative de celui-ci en argiles tient à sa situation en pente, favorisant un entraînement superficiel par les eaux.

La matière organique se caractérise surtout par une assez mauvaise décomposition. La compacité de ces sols entrave la minéralisation, freinée aussi par l'engorgement en eau presque constant pendant la saison pluvieuse.

La capacité de rétention des éléments fertilisants est forte, en rapport avec un pH basique et la grande teneur en argile. Celle du « karal » de Kaélé est légèrement inférieure et le pH parfois faiblement acide en surface. Tous ces sols fixent surtout de la chaux. Leurs réserves minérales sont toujours appréciables.

Leurs bonnes propriétés chimiques en font donc des sols fertiles mais la mise en valeur est soumise à leur régime hydrique. Leur situation habituelle en bas-fonds, leurs compacité et médiocre perméabilité se traduisent en saison pluvieuse par un engorgement ou une submersion sous les eaux. Les argiles se gonflent alors, augmentant de 30 à 40 % de volume et stockant souvent plus d'eau que l'apport pluvial local. Une fois gonflées d'eau, elles présentent une mauvaise tenue. Elles deviennent des bourbiers où la progression et le travail sont pénibles.

En saison sèche, elles se dessèchent rapidement, du moins en surface. Leur

dessiccation s'accompagne de larges fentes de retrait isolant des prismes. La surface durcit en croûte mais les horizons inférieurs conservent de l'humidité. Sur un faciès en pente comme celui de Kaélé, les caractéristiques typiques du vertisol ne se retrouvent qu'en profondeur.

De tels sols sont très difficiles à cultiver en saison pluvieuse et guère plus faciles en saison sèche. Il existe pourtant une culture qui s'accommode de leurs propriétés très particulières : le mil repiqué appelé localement « mouskouari ». C'est une culture d'arrière-saison. Elle ne souffre donc pas à cette époque du mauvais drainage de ce type de sols mais au contraire, elle profite de leur très bonne capacité de rétention en eau.

Les cultures sous pluie, mil et coton, ne peuvent se maintenir que sur des faciès un peu moins argileux, donc moins engorgés d'eau, comme celui de Kaélé. Lors de l'introduction du coton dans la région, il fut envisagé de le cultiver sur les vertisols afin de tirer parti de leur grande fertilité. On s'est vite aperçu qu'il ne supportait pas leur engorgement. Seul le riz pourrait leur convenir en culture sous pluie, mais il suppose la maîtrise de l'eau, ce que ne nécessite pas le mil repiqué.

Le mouskouari est d'abord semé en pépinières en milieu de saison des pluies ; le repiquage sur les vertisols n'intervient qu'en début de saison sèche. Le mil repiqué achève sa croissance sans recevoir de pluies mais en exploitant l'humidité des argiles que ses racines vont chercher très loin en profondeur. Le repiquage représente un travail très pénible, si bien que les cultivateurs de plaine négligeaient cette variété de mil jusqu'à l'introduction du coton.

La culture du coton aggrave les pointes de travail et concurrence le mil sous pluies dans les champs situés sur les terres alluviales les plus fertiles. Afin de maintenir leur production vivrière, les cultivateurs se sont alors reportés sur le mil repiqué qui présente, en plus, l'avantage de temps de travaux décalés. Tous les placages d'argiles noires sont maintenant cultivés en mil repiqué chaque année.

Ils occupent en plaine des superficies plus grandes que les alluvions récentes et actuelles : 30 000 hectares soit 25 % de la plaine de Mora, 62 000 hectares soit 24 % des environs de Maroua ; 180 000 hectares soit 60 % de la région de Kaélé mais ici, une partie moins argileuse de ces sols ne porte pas seulement du mil repiqué.

La mise en valeur des argiles noires en mil repiqué d'arrière-saison représente l'innovation agricole la plus importante de la dernière décennie.

LES GRANDES NAPPES PHRÉATIQUES

Des sols, aussi fertiles soient-ils ne pourraient être mis en valeur de façon optimale si un peuplement stable ne pouvait s'établir à proximité. A la latitude de la région, le ravitaillement en eau des populations conditionne pour une part leur installation.

Les villages de plaine exploitent, par des puits traditionnels, l'eau souterraine qui sourd à proximité des rivières à sec une partie de l'année. L'existence d'une nappe phréatique était soupçonnée depuis longtemps sous les plaines sédimentaires à plus grande profondeur. Une série d'études hydrogéologiques entreprises dans les années soixante et résumées par TILLEMENT (1970) ont confirmé en partie cette hypothèse.

Les nappes prennent naissance au débouché des grandes rivières sur le piémont. Elles se réduisent alors à des sous-écoulements et ne s'étendent qu'à quelques kilomètres de part et d'autre du tracé des rivières. Plus loin en plaine, elles s'élargissent et se joignent en aval pour former une nappe générale. Celle-ci devient de plus en plus profonde avant de se souder à la nappe du Logone sous-jacente à la plaine du même nom et qui fait partie du système hydrologique tchadien proprement dit.

La nappe phréatique n'est pas continue. Elle peut faire défaut pour deux raisons : soit par suite de la remontée du socle cristallin au-dessus du niveau de la nappe, soit en raison d'une sédimentation localement très argileuse qui fait en quelque sorte office de bouchon au sein de la série sédimentaire par ailleurs perméable (TILLEMENT, 1970).

Ainsi sous la plaine de Mora relativement proche des monts Mandara, les nappes se localisent d'abord de façon étroite le long des principaux cours d'eau. Elles ne s'élargissent et ne s'anastomosent pour former une nappe unique qu'au-delà de l'ancien cordon littoral. De vastes étendues entre les rivières ne contiennent aucun site aquifère important, si ce n'est de petites nappes superficielles connues et exploitées par les habitants. La faible profondeur relative du socle sous les sédiments exclut toute possibilité de ressources ignorées profondes. Ces interfluves comprennent parfois des sols fertiles d'alluvions récentes dont les possibilités ne sont pas mises en valeur.

Sous la plaine du Diamaré, les nappes de sous-écoulement atteignent une extension latérale déjà suffisante pour se rejoindre les unes les autres. Leur jonction s'effectue par une ligne où le toit de la nappe est déprimé, par exemple à moins 30 mètres entre Tsanaga et Motorsolo. Le raccordement à la nappe du Logone correspond à un approfondissement des eaux souterraines à moins 50 mètres. Le battement de la nappe est variable selon l'éloignement des rivières.

En se rapprochant de la pénéplaine sur socle de Kaélé, il n'existe plus de nappe continue quand la puissance des dépôts n'atteint pas 20 mètres. Mais la nappe du Diamaré se prolonge sous la plaine sableuse de Kalfou bien qu'aucune grande rivière ne l'alimente plus. La disposition de la nappe est ici complexe avec des bombements l'amenant à quelques mètres de la surface et des zones déprimées à moins 30 mètres. Ici-aussi le raccordement avec la nappe du Logone s'effectue par une forte pente.

Contrairement à la plaine du Diamaré, le battement de la nappe sous la plaine de Kalfou est toujours important. Que la nappe soit profonde ou proche de la surface, la profondeur de l'eau peut passer du simple au double de la saison pluvieuse à la saison sèche. Ce fort battement est peut-être lié au mode d'alimentation de cette nappe.

Les nappes précédentes se mélangent avec celle du Logone sous une ligne qui part du Bec de Canard, longe la plaine du Logone à l'ouest pour aboutir au niveau de Waza. La nappe du Logone n'est qu'une partie de la nappe générale de la dépression tchadienne.

Elle se situe près de la surface à proximité des axes d'alimentation : Logone et lac de Fianga. L'infiltration des eaux d'inondation compte peu dans son alimentation par suite de couches sédimentaires argileuses formant écran. A partir de ces axes, la nappe s'étale à toute la plaine en s'approfondissant. Comme dans le Diamaré, le battement est plus accentué le long des axes d'alimentation. Dans le Bec de Canard, la surface de la nappe dessine une dépression centrale entre le Logone et le lac de Fianga. Au centre de cette dépression, les eaux ne se trouvent toutefois qu'à 15 mètres de profondeur.

Il est certain maintenant que la majeure partie des plaines sédimentaires de la région, faisant partie du bassin tchadien, possèdent une nappe phréatique en profondeur. Bien qu'elle ne puisse pas toujours être atteinte par les puits traditionnels, cela constitue un atout considérable pour la mise en valeur de ces plaines.

Il reste cependant à connaître avec plus de précision la puissance de la nappe, c'est-à-dire d'en faire une étude quantitative. Selon les capacités de débit des puits existants ou à creuser, l'utilisation de l'eau diffère beaucoup, par exemple :

l'alimentation des populations, l'irrigation de parcelles de cultures, l'abreuvement du bétail.

L'analyse des possibilités hydrologiques de la région ne serait pas complète si elle ne mentionnait pas les nappes du bassin de la Bénoué. Deux niveaux aquifères coexistent dans la partie sédimentaire de ce bassin : une nappe générale dans les grès de Garoua et une autre, d'extension plus restreinte, dans les alluvions du système Kébi-Bénoué.

Les grès poreux de Garoua constituent le meilleur réservoir d'eau souterraine de toute la région. Ils renferment une nappe continue alimentée par l'infiltration directe des eaux de pluie. Seuls les petits reliefs volcaniques à l'ouest de Garoua l'interrompent. Du fait de son mode d'alimentation, le toit de la nappe épouse dans ses grandes lignes la forme de la surface topographique. Son battement annuel voisine 5 mètres.

Elle est en charge par rapport à la vallée de la Bénoué et du Kébi. Elle se déverse soit directement au contact versant gréseux-alluvions, soit sous les alluvions jusqu'au lit mineur. Les eaux de la nappe des grès se mélangent alors, après une rupture de pente, à celles de la nappe sous-jacente à la Bénoué.

L'extension de la nappe de la Bénoué correspond à celle des alluvions modernes et anciennes. Le long du Kébi, elle s'individualise nettement dans le socle. A ce niveau, elle correspond à un sous-écoulement tandis que dans les grès, s'y joint la décharge de la nappe générale. Les pluies qui tombent sur la terrasse de la Bénoué ne semblent guère s'infiltrer pour alimenter la nappe. Les niveaux d'alluvions argileuses de la terrasse s'y opposent (TILLEMENT, 1970). Le battement est peu important et la nappe peu profonde, une dizaine de mètres au maximum sous la terrasse.

La nappe de la Bénoué n'est exploitée par des puits qu'au niveau de la terrasse, les alluvions modernes subissant l'inondation une partie de l'année. Quant à la nappe des grès, elle n'est exploitée que pour l'adduction d'eau de Garoua et l'alimentation de quelques villages. Pourtant, elle est si continue qu'on peut creuser n'importe où avec la certitude de rencontrer de l'eau. De plus, elle est si abondante qu'elle peut alimenter les cultures irriguées à partir de puits profonds. On entrevoit les possibilités de mise en valeur qu'offre un tel gisement aquifère.

Les conditions naturelles de la région présentent donc le plus souvent un support jamais très favorable ni très défavorable à l'occupation du sol. Pourtant, d'un secteur à l'autre, les facteurs précédents s'individualisent par une influence fortement contraignante ou au contraire, très propice. Le peuplement humain s'est-il adapté à ces conditions naturelles inégales ou les a-t-il ignorées ?

RELATIONS ENTRE LES APTITUDES NATURELLES ET L'OCCUPATION DU SOL

Les rapports géographiques entre les aptitudes naturelles et l'intensité du peuplement sont vérifiés par la confrontation de deux cartes. L'une reprend les principaux résultats des études pédologiques et hydrogéologiques menées récemment dans la région (fig. 14). L'autre est la carte des densités rurales par cantons (fig. 43).

Avant de commenter leur superposition, il convient de préciser qu'elles ne reflètent pas fidèlement la réalité. Leur élaboration s'est heurtée, en effet, à quelques difficultés de représentation cartographique. La carte des aptitudes naturelles reporte les limites des nappes phréatiques et de classement des sols.

Mais pour ce faire, il a fallu beaucoup simplifier et schématiser les cartes pédologiques utilisées comme référence.

On a décidé parfois de classer des sols de même famille dans des qualités différentes selon les secteurs. C'est le cas des sols ferrugineux et des argiles noires.

La qualité des sols ferrugineux varie beaucoup en fonction de l'intensité de leur lessivage : épaisseur et texture de l'horizon lessivé, épaisseur et massivité de l'horizon d'accumulation d'argile et de fer. Les sols ferrugineux peu lessivés ne retiennent pas bien l'eau mais présentent un bon potentiel organique et minéral. Les sols bien lessivés ont peu de matière organique et un horizon superficiel léger et très sensible à l'érosion mais un horizon épais d'accumulation d'argile qui leur assure une meilleure capacité de rétention en eau.

Leur qualité dépend aussi de la roche-mère sous-jacente : roches métamorphiques, grès ou sables. Pour cette raison, les sols ferrugineux sur sables de Kalfou et grès de Garoua sont classés en sols pauvres et ceux sur roches métamorphiques du bassin de la Bénoué dans la catégorie moyenne.

De même, les argiles noires peu épaisses, à faciès dégradé de la pénéplaine de Kaélé sont répertoriées comme des sols moyens. Les mêmes argiles font par contre figure de bons sols dans les plaines sur socle de la Bénoué, par suite d'une meilleure rétention en eau et d'une plus grande richesse en éléments fertilisants que les sols sableux voisins.

Quant aux sols hydromorphes, leur qualité dépend de leur richesse chimique mais aussi de la durée d'engorgement, de la texture et de la profondeur de l'horizon argileux gris dans le profil.

Un classement agronomique unique recouvre donc de grandes variations de qualité d'un point à un autre.

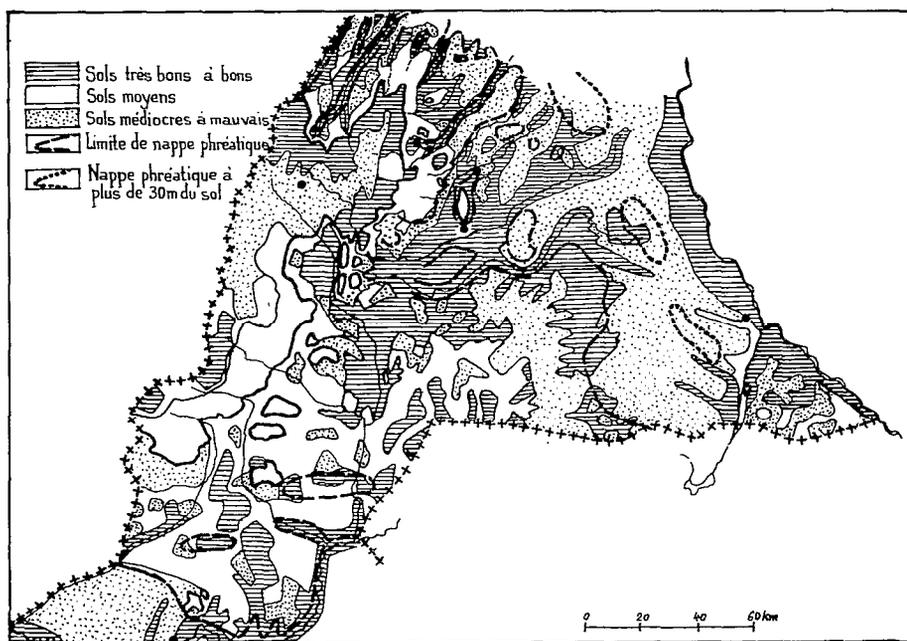


Fig. 14 Esquisse des aptitudes naturelles

D'autres déformations cartographiques proviennent du mode de représentation du peuplement par des plages de densités. Elles étalent des peuplements inégaux, au sein des limites de plages, en une moyenne qui ne reflète pas les contrastes réels. La maille des plages, les limites de cantons, est plus ou moins fine selon les secteurs, donc les contrastes de peuplement plus ou moins atténués par ce mode de représentation.

La confrontation des aptitudes naturelles avec une carte de localisation de l'habitat par points ferait mieux ressortir les rapports géographiques entre les données du milieu et la réponse du peuplement. Néanmoins, il est déjà possible de mettre en évidence, par cette méthode, des corrélations entre les deux phénomènes comme aussi quelques discordances.

Les corrélations

De la superposition des deux cartes découlent deux séries de corrélations. A de bonnes conditions naturelles correspond un peuplement dense tandis que, d'un autre côté, des conditions naturelles peu favorables semblent se traduire par un faible peuplement.

L'essentiel de la plaine du Diamaré, une partie de celles de Mora et du Logone, illustrent le premier type de corrélation.

Dans la plaine de Mora, le peuplement est soutenu au-devant des monts Mandara où se sont étalés des placages d'alluvions modernes. Plus le front montagneux s'éloigne, plus les sols d'interfluve deviennent médiocres et le peuplement plus diffus, notamment dans les interfluves.

Une plus large extension des sols fertiles et de la nappe phréatique dans la plaine Nord-Diamaré s'accompagne de densités moyennes supérieures à 30 habitants/km². La limite de ces fortes densités vers la plaine du Logone et la pénéplaine de Kaélé correspond bien à celle des alluvions et argiles noires de bonne fertilité. Au sud du mayo Boula, cette limite chevauche à peu près celle de la nappe phréatique. Les fortes densités de peuplement se prolongent seulement vers la vallée moyenne du mayo Louti sur des argiles noires dominantes fertiles.

En bordure du Logone et du Lac de Fianga, une corrélation existe entre des densités de peuplement moyennes et d'assez bonnes conditions naturelles définies par des sols hydromorphes à potentiel de fertilité élevé et des argiles noires aptes à supporter des cultures d'arrière-saison.

Dans les monts Mandara, les massifs de Mokolo et de Mora aux sols plus riches en éléments fertilisants que ceux du sud, supportent des densités bien plus élevées.

A l'autre terme de l'échelle des variations possibles, le couple : conditions naturelles peu favorables – faible peuplement, semble se vérifier de manière encore plus nette dans la région.

C'est le cas de toutes les plaines du bassin de la Bénoué, sauf quelques exceptions. De même, la partie sableuse de la plaine du Logone conjugue des sols ferrugineux pauvres ou halomorphes stériles, des enfoncements de la nappe à plus de 30 mètres de profondeur et des densités de peuplement voisines de 10 habitants/km². La même association de données convergentes se retrouve dans la plaine de Kalfou aux environs de cette localité.

La plaine du Diamaré au sud du mayo Boula et la partie orientale de la pénéplaine de Kaélé comprennent plusieurs cantons ayant des densités de 10 à 15 habitants/km², des sols pauvres ou stériles, pas de nappe phréatique continue.

Enfin, si l'ensemble du piémont supporte de fortes densités de peuplement, ce n'est pas le cas de celui des environs de Mousgoy. Cette exception est en rapport avec la présence d'un pédiment sur socle, avec des sols sableux sur arènes de

qualité moyenne et des taches nombreuses de « hardé » stériles. Par contre, dans les monts Mandara, du fait de l'étalement des limites de cantons sur les massifs et le plateau, les cartes ne mettent pas en évidence des corrélations de ce type.

En plaine, bonne qualité des sols et présence d'une nappe phréatique concourent assez bien pour favoriser le peuplement dans certains secteurs par rapport à d'autres et inversement. Cette convergence n'est infirmée que par une exception, celle des plaines de la Bénoué sur soubassement de grès de Garoua. Une nappe phréatique abondante favorise ce secteur, desservi par contre par des sols ferrugineux de médiocre qualité. Il en résulte un peuplement très faible et des possibilités naturelles inutilisées.

Toutes choses égales par ailleurs, la qualité des sols serait plus déterminante pour l'occupation du sol que la présence ou non d'une grande nappe.

Les discordances

Alors que les corrélations confirment une logique simple du peuplement, les cas de discordances sont plus intéressants à analyser parce qu'ils posent autant de problèmes géographiques. Deux types de discordances peuvent survenir : des conditions naturelles médiocres mais un fort peuplement, de bonnes conditions naturelles mais un peuplement faible.

D'après la confrontation des deux cartes, le premier cas s'observe dans plusieurs secteurs qui, chaque fois, présentent des situations aberrantes. L'exemple le plus typique est fourni par le sud de la plaine de Kalfou et par le Bec de Canard.

Le sud de la plaine de Kalfou comprend des étendues sableuses et quelques dunes surélevées dominant d'étroites dépressions argileuses inondables. Les étendues sableuses portent des sols pauvres, sauf en bordure de dépression. Les sols de dépression présentent une meilleure qualité mais ils subissent des alternances d'assèchement et d'engorgement qui freinent la vie biologique. Le sud du Bec du Canard associe, en superficies à peu près égales, des sables exondés et des cuvettes argilo-sableuses. Dans un cas, les sols souffrent d'un drainage excessif et dans l'autre, il est insuffisant. Mais tous les sols sont acides, même ceux de cuvettes, et pauvres au point de vue chimique. Si l'on ajoute l'engorgement en eau des cuvettes une partie de l'année, il en résulte un potentiel agronomique très faible.

Pourtant, en contradiction avec ces données, les cantons de ces deux secteurs supportent des densités de population voisines ou supérieures à 50 habitants/km². Il faut noter quand même l'existence d'une nappe phréatique continue qui fournit peut-être l'amorce d'une solution à cette contradiction.

Le piémont aux environs de Méri présente une autre anomalie géographique. Sauf le petit canton de Bozo-Débi, le peuplement du piémont dépasse une densité moyenne de 50 habitants/km² alors que le support naturel se montre largement défavorable.

Les glacis érodés autour de quelques massifs isolés (Mokyo, Tchéré) ne portent que des sols sableux très perméables. D'autres petits massifs dispersés sur le piémont dominant des terrains plats avec des sols apparentés aux « hardé » : très grande dureté en saison sèche des sols, argileux à faible profondeur, imperméables et presque stériles.

Cette anomalie se reproduit à un degré moindre aux environs d'autres massifs isolés sur le piémont (Loulou) ou plus loin en plaine (Moutouroua). Autour de ces massifs, se succèdent une auréole de sols sableux sur glacis de colluvions, puis des sols voisins de « hardé » formés aussi en partie sur colluvions. Tout cela ne donne qu'un support agricole médiocre et pourtant, les environs de ces massifs sont tous bien peuplés.

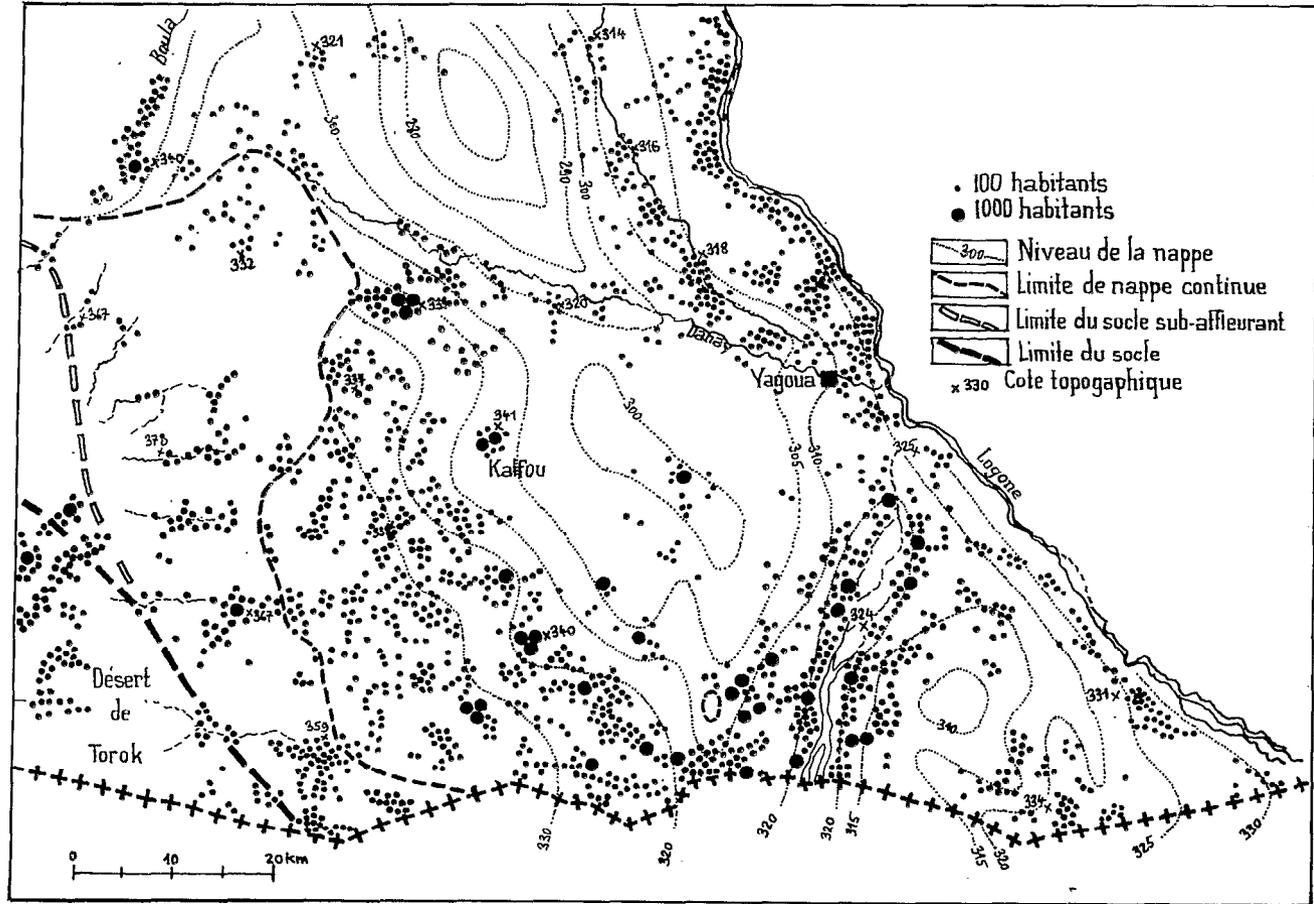


Fig. 15 Localisation du peuplement dans la plaine de Kalfou et le Bec de Canard

Les discordances définies par de bonnes conditions naturelles auxquelles ne répondent pas des densités de peuplement prévisibles, comprennent deux cas.

Il s'agit d'abord des alluvions modernes et anciennes des grandes rivières Kébi-Bénoué. Sur ces alluvions se développent des sols qui possèdent de nombreuses caractéristiques intéressantes : bonne texture, teneur en matière organique correcte, réserves minérales suffisantes. Les alluvions actuelles de la plaine inondable peuvent souffrir d'un engorgement en eau ou d'une submersion mais ce n'est pas le cas des sols en terrasses. Dans l'ensemble, ce sont des sols fertiles par rapport à ceux des plaines voisines et la nappe phréatique est proche. Pourtant le peuplement de ces plaines alluviales ne correspond pas à ce que l'on pourrait attendre.

D'autre part, il existe dans la région des plages d'argiles noires qui n'entraînent aucun effet sur le peuplement. Cette situation se produit dans les plaines sur socle de la Bénoué et la petite plaine de Gawar insérée au milieu des montagnes. Ces argiles noires présentent une bonne fertilité et pourtant, elles semblent moins utilisées que les sols voisins plus sableux et plus pauvres, ce qui paraît paradoxal.

Essai d'explication de quelques anomalies

Essayons de rendre compte de la discordance entre aptitudes naturelles et densités de peuplement dans la plaine de Kalfou et le Bec de Canard. Pour obtenir une représentation plus fidèle du peuplement, le recours à une localisation par points s'impose (fig. 15).

La répartition du peuplement n'est pas modifiée dans ses grands traits. La localisation par points permet quand même d'analyser avec plus de précision l'agencement du peuplement par rapport aux données naturelles.

Le système dunaire de Kalfou ressort nettement comme une zone vide. Elle s'intercale entre deux secteurs densément peuplés : la plaine du lac de Fianga et, à l'ouest, un secteur légèrement déprimé d'orientation méridienne. Encore plus à l'ouest, le peuplement devient de plus en plus diffus en direction de la péninsule de Kaélé (« désert » de Torok). Dans le Bec de Canard, un peuplement inégal ne redevient dense qu'à proximité du Logone. Cette répartition de la population est déjà moins aberrante que ne le laissaient supposer les densités par canton.

La zone vide médiane correspond à la plaine sableuse et aux dunes dont les sols sont très pauvres. Même les dépressions étroites interdunaires comportent un soubassement sableux recouvert d'un colmatage argileux discontinu. Leurs sols, peu fertiles, sont aussi assez peu cultivés.

La grande plaine du lac de Fianga présente des sols argileux de disposition complexe mais toujours fertiles, évoluant vers les argiles noires dans les bas-fonds inondables. L'intérêt agricole de ces sols dépend de la profondeur et de la durée de la submersion. De nombreux bourrelets de rives d'une série de cours d'eau fossiles peuvent supporter des cultures denses en saison des pluies, tandis que les bas-fonds argileux conviennent aux cultures d'arrière-saison.

Le secteur déprimé à l'ouest du système dunaire de Kalfou se présente comme un milieu amphibie avec des « îles » sableuses émergeant de dépressions argileuses ou d'un ennoyage d'alluvions en provenance du socle de Kaélé. L'habitat se localise à la bordure des sables et des argiles de bas-fonds. Les cultivateurs peuvent ainsi adapter leurs cultures aux deux milieux qui s'imbriquent de façon serrée. De plus, les sols sableux en bordure de bas-fonds argileux ont un potentiel de fertilité convenable et la nappe phréatique est proche. Les deux phénomènes seraient liés.

La fertilité des sols sableux situés dans son profil de battement s'expliquerait par une teneur considérable en éléments minéraux de la nappe phréatique

(SIEFFERMANN, VALLERIE, 1963). De plus, ces eaux constamment basiques équilibrent le pH acide des sols sableux qu'elles imprègnent. Dans les zones sableuses hautes du système dunaire, la nappe phréatique est trop profonde pour fertiliser les sables proches de la surface.

Ces interférences conduisent à étudier avec plus de précision l'allure de la nappe phréatique sous ces plaines (fig. 15). Il en ressort une série de corrélations avec la localisation du peuplement.

L'enfoncement du socle de Kaélé sous les dépôts se faisant très lentement, leur épaisseur reste longtemps insuffisante pour une nappe phréatique continue. Dans cette zone, le peuplement, plus dense, correspond à de petites nappes de sous-écoulement au niveau des rivières chétives qui descendent du bombement de Torok vers la partie déprimée de la plaine. Lorsque les sédiments atteignent une puissance d'environ 15 mètres, ils deviennent aquifères, sauf au nord où un secteur de dépôts épais à peu près stériles s'interpose avant la nappe sous-jacente au mayo Boula.

Dès que la limite de la nappe générale est franchie, la densité de peuplement augmente dans de fortes proportions. La nappe, d'abord peu profonde, donne lieu à une prolifération de points d'eau et de villages (TILLEMENT, 1970). La faible profondeur de la nappe tient peut-être à l'importance en superficie du secteur déprimé de la plaine dont le plancher, au colmatage argileux imparfait, laisse percoler l'eau dans les sables sous-jacents.

Bien que l'allure du toit de la nappe soit complexe dans le détail, en liaison avec la plus ou moins grande perméabilité des formations superficielles, il tend à s'abaisser de plus en plus vers l'est. A partir d'une ligne oblique marquée par les villages Moulvouday-Kalfou-Doukoula, la nappe passe à plus de 30 mètres de la surface. Cette profondeur ne peut plus être atteinte par les puits traditionnels et entraîne un faible peuplement de ce secteur.

Le même phénomène se répète au nord du cordon. L'abaissement de la nappe correspond à sa jonction avec celle du Logone. Le tracé du mayo Danay, coupant la ligne de confluence des deux nappes et jouant un rôle d'axe d'alimentation secondaire, provoque une remontée phréatique à 20 mètres de la surface du sol. Elle se traduit par un peuplement mieux fourni qu'au nord et au sud.

Le flanc de la nappe du Logone présente une pente brutale vers la plaine de Fianga où les eaux phréatiques sont sub-affleurantes. La présence de la nappe à proximité du sol coïncide à nouveau avec de très fortes densités de peuplement. Dans le secteur de Datchéka, on a compté 20 puits maçonnés pour 100 km² sans compter les points d'eau traditionnels.

La nappe s'approfondit en un léger creux à peu près au centre du Bec de Canard. L'eau s'y trouve à une quinzaine de mètres de profondeur. Il est curieux de constater que ce secteur est inhabité avec une profondeur de nappe relativement faible. Mais comme elle se trouve à moins de 10 mètres à peu près partout ailleurs, il est vraisemblable qu'elle ait suffi à rebuter les puisatiers locaux (TILLEMENT, 1970). Les sols y seraient pourtant plus fertiles qu'en secteurs bien peuplés.

La confrontation des inégalités de peuplement et de l'allure de la nappe phréatique peut donc être instructive. Elle résoud en partie les anomalies géographiques que soulevait l'examen des densités par cantons. Par contre, dans d'autres cas, elle n'apporte rien de nouveau.

Par exemple, le fort peuplement autour des massifs isolés de piémont ou de plaine sur des sols pauvres, ne doit rien aux ressources en eau souterraine de ces secteurs. D'après les études hydrogéologiques, ils seraient plutôt démunis. Les villageois se ravitaillent à de petites nappes discontinues de sous-écoulement ou d'altération dans des creux du socle. La situation n'est donc pas meilleure qu'en secteurs de plaine peu peuplés.

D'un autre côté, l'anomalie de peuplement des vallées Kébi-Bénoué ne peut se comprendre par une insuffisance de ressources en eau souterraine. Toutes ces bonnes terres possèdent une grande nappe phréatique sous-jacente. Une localisation du peuplement par points montre bien quelques villages sur la terrasse. Certains sont peuplés de cultivateurs mais leurs rendements agricoles sont « indignes de la qualité des terres » (GAVAUD, RIEFFEL, MULLER, 1975). Il semble qu'ici, l'insuffisance du peuplement relève directement de circonstances historiques.

Les mêmes auteurs ont observé des vergers à karité et « néré », indiquant un peuplement ancien de la terrasse maintenant abandonnée (1). Ce paysage ne serait pas originel mais hérité d'anciens occupants qui auraient détruit les formations forestières correspondant au climax. De même, plus tard, les feux des éleveurs en transhumance et les défrichements pour le mil repiqué ont progressivement agrandi les savanes herbeuses de la plaine inondable. Sur la terrasse, la strate ligneuse primaire ou secondaire est détruite de plus en plus vite par le ramassage du bois de chauffage et par les feux. Des pseudo-climax pyrophiles ouverts s'établissent, auxquels correspondent des sols non pas « naturels » mais lentement modifiés par l'homme.

Ces observations amènent à considérer les rapports milieu naturel-peuplement selon une nouvelle optique : dans quelle mesure les caractéristiques du milieu naturel dérivent-elles de l'occupation humaine ?

LES MODIFICATIONS DU MILIEU NATUREL PAR LE PEUPEMENT

Comme la région est fortement peuplée, il faut s'attendre à ce que le milieu naturel soit perturbé de façon profonde. Une mise en valeur agricole intense et très ancienne se traduit d'abord par une modification complète du paysage végétal, à tel point qu'il devient difficile d'établir des relations entre groupements végétaux et types de sols sans prendre en compte les effets des cultures répétées. A plus long terme, certaines pratiques culturelles finissent par modifier aussi le profil et le comportement des sols.

Un couvert végétal perturbé

Dans toute la région, il ne subsiste plus de paysage végétal qui puisse être considéré comme primaire.

On invoque souvent la forêt de la réserve de Mozogo qui indiquerait un cas de végétation spontanée non détruite pour les cultures ni mise à feu. En fait, la mise en réserve de ce petit secteur de la plaine de Koza ne date que des années trente. Il est très probable que la végétation d'alors était déjà dégradée. Aubreville puis Letouzey ont démontré qu'il s'agit d'une végétation reconstituée et non d'une relique de forêt primaire.

Protégés des feux, les arbustes ont d'abord proliféré en formation épaisse. Puis une strate ligneuse a éliminé la savane et reconstitué un couvert forestier fermé.

(1) Une mise en valeur ancienne intense de la terrasse de la Bénoué et du Kébi est confirmée par l'existence de nombreux tertres et l'abondance de débris de poteries.

Parmi les grands arbres, l'abondance des *Acacia albida* et des *Khaya* atteignant ici des dimensions exceptionnelles, atteste une vieille influence humaine (1).

L'introduction de cette partie expose les difficultés à classer les paysages végétaux des plaines dans un domaine botanique, tellement les espèces soudaniennes et sahéliennes se trouvent imbriquées.

Il existe quand même une préférence des espèces soudaniennes pour les sols sableux ou alluviaux légers, bien drainés sans l'être trop. Les espèces sahéliennes s'adaptent mieux aux sols argileux compacts marqués par une forte dessiccation de surface (acacias) ou aux sols sableux souffrant d'un drainage interne excessif (*Guiera senegalensis*). L'abondance des épineux en plaine indiquerait une avancée extrême de la zone sahélienne dans la région, favorisée par la nature tour à tour très argileuse ou très sableuse des dépôts tchadiens (AUBREVILLE, 1948).

Un autre point de vue tend maintenant à revenir sur cette interprétation des paysages végétaux. Le fonds de la végétation de la région, en particulier du Diamaré, appartiendrait à la flore soudanienne. Mais l'intensité du déboisement et l'ancienneté de la mise en culture sont telles qu'aux espèces soudaniennes se serait substitué un couvert végétal d'affinités sahéliennes dominantes, issu de jachères.

DES FORMATIONS DE JACHÈRES

Les formations de jachères se caractérisent soit par un recrû d'espèces soudaniennes mais à port rabougri, soit par un changement d'espèces.

Sur le plateau interne aux monts Mandara, les jachères sont très souvent envahies par des repousses de *Daniellia oliveri* et d'*Isobertinia* ne dépassant pas la taille d'arbustes. En plaine, les jachères sont le plus souvent colonisées par des espèces différentes de celles précédant la mise en culture. Les espèces post-culturelles les plus répandues sur tous les sols sont *Bauhinia reticulata* et le jujubier (*Zyziphus mauritiaca*).

Bauhinia reticulata est un arbuste aux feuilles de forme particulière. Très envahissant sur les jachères, il peut y former des taillis. Il est très répandu dans la région mais il se rencontre surtout au Sahel. Le jujubier envahit aussi les jachères sur tous les terrains. Cet arbuste buissonnant, d'affinité sahélienne, se répand jusqu'à la Bénoué qui limite son aire au sud.

D'autres espèces post-culturelles paraissent plus adaptées à un type de sol particulier.

Les argiles noires tropicales non cultivées portent une végétation assez dense avec *Anogeissus leiocarpus*, *Balanites aegyptiaca* et divers Acacias. Après quelques années de culture, la végétation des jachères tend vers une savane arbustive à épineux avec les espèces précédentes associées à *Lannea humilis* et *Acacia seyal*. Quand les cultures se répètent jusqu'à l'épuisement du sol, il ne s'implante plus qu'un recrû exclusif d'*Acacia seyal*. Cet arbuste au fût de couleur rouille apparaît comme l'espèce typique de jachère sur argiles noires, y formant des peuplements plus clairs que la végétation naturelle.

Les sols sableux non déboisés portent une savane arborée assez dense avec toujours *Anogeissus leiocarpus* associé à *Sclerocarya birrea*. La densité de leur végétation actuelle dépend de l'ancienneté des jachères. Les jachères récentes se couvrent de fourrés à *Guiera senegalensis*, un buisson de couleur poussière. Cette espèce sahélienne s'étend ainsi vers le sud uniquement à la faveur des jachères sur

(1) SIEFFERMANN et MARTIN (1963) signalent, au sud des monts Mandara, une autre véritable forêt réinstallée sur une montagne abandonnée depuis longtemps, à une altitude de 1 000 mètres et sur des pentes de 45°.

terrains très sableux. Quand la jachère devient plus ancienne, *Bauhinia* commence à s'y installer.

Sur sols sablo-argileux, les jachères après culture de mil sont parfois envahies par une autre espèce sahélienne, *Calotropis procera*. C'est un arbuste qui ressemble à une euphorbe par son port et son suc laiteux. D'aire sahélo-saharienne, lui aussi s'étend jusqu'à cette région grâce aux jachères.

Les sols rocaillieux et sableux sur arènes, couverts de *Boswellia dalzielii* et d'*Anogeissus leiocarpus* avant la mise en culture, ont des jachères envahies par les jujubiers. Les mêmes jujubiers garnissent les jachères sur alluvions pas trop argileuses.

La végétation des jachères s'apparente donc bien plus au domaine sahélien que les formations initiales. Les espèces post-culturelles n'atteignent souvent qu'un port arbustif mais leur taille dépend d'abord de la durée des jachères.

Sur les argiles noires, cultivées maintenant d'année en année sans interruption, les espèces de jachère ne rejettent plus que de petites tiges coupées à chaque début de saison sèche, avant le repiquage du mil. Ces pratiques culturales aboutissent à un paysage de savanes herbeuses, ouvert à perte de vue, avant la culture du mil repiqué. La transformation du paysage végétal est radicale. Sur les autres sols, les cultivateurs n'éliminent jamais tous les arbres. Ils maintiennent ou facilitent le développement de quelques espèces, créant ainsi de façon artificielle un paysage de parc arboré.

LES PARCS ARBORÉS

Le parc à *Acacia albida* illustre le type même du paysage « construit ».

Il est reconnu que cette espèce ne peut se multiplier ni acquérir une taille d'arbre sans une intervention extérieure (PELISSIER). Inversement, elle montre des propriétés remarquables : cycle végétal inverse, fourniture de matière organique et d'azote au sol. La plupart des cultivateurs reconnaissent le rôle bénéfique de l'*Acacia albida* et le protègent depuis longtemps si l'on en juge par les dimensions exceptionnelles qu'il atteint dans certains secteurs.

Bénéficiant d'une protection instituée par l'administration locale, le parc d'*Acacia albida* semble se répandre, mais d'une manière inégale. De façon étonnante, il est présent mais pas toujours dense dans les massifs au nord des monts Mandara. Tous les cultivateurs d'aujourd'hui ne le respectent pas. Au moment du débroussaillage des champs, certains n'hésitent pas à couper, au ras du sol, tous les jeunes plants. La diffusion de la culture attelée n'entraîne-t-elle pas un changement de comportement des cultivateurs à l'égard des arbres ?

Les parcs à *Acacia albida* se rencontrent en milieux très divers dans la région. Ils atteignent une taille et une densité maximum sur les glacis de colluvions à sols épais et sur les alluvions récentes le long des cours d'eau de plaine. Mais ils se repèrent aussi partout dans les monts Mandara et même sur des pédiments sur socle (Mousgoy, Tchéré). Un jeune parc régulier et homogène d'*Acacia albida* s'étale sur le plateau au nord de Mokolo. Il correspond sans doute à l'occupation intense mais récente de ces terres par les montagnards des massifs voisins.

Il est devenu habituel d'interpréter tout parc d'*Acacia albida* comme l'indicateur d'un peuplement dense et l'âge des arbres comme un révélateur de l'ancienneté de l'occupation du sol.

Bien d'autres espèces sont sélectionnées et conservées en parc par les cultivateurs. Citons le jujubier et *Combretum glutinosum* sur les massifs, pour la fourniture de perches et de bois de construction. Les divers *Ficus* servent d'arbres d'ombrage, de même que les tamariniers (*Tamarindus indica*) dont les gousses sont aussi appréciées par le petit bétail. Dans le sud des monts Mandara, des euphorbes

Arbres



5. Un semis d'*Acacia albida* émondés et de rejets de jujubiers couvre les montagnes les plus densément peuplées (massif Gouldigoï, Podokwo).
(Cliché J. BOUTRAIS).



6. Vieux baobab exploité pour son écorce dans le massif Mora.
(Cliché J. BOUTRAIS).

cactiformes disposées en clôtures, protègent les parcelles les plus précieuses des divagations du petit bétail. Des parcs de baobabs (*Adansonia digitata*) dans les plaines de la Bénoué, de palmiers rôniers (*Borassus aethiopum*) dans les massifs Mofou et le long du Logone, attestent des sites d'habitat anciens.

Parmi les arbres souvent protégés, on peut citer aussi le caïlcédrat (*Khaya senegalensis*) abondant sur les alluvions en bordure de rivière, le néré (*Parkia biglobosa*), le karité (*Butyrospermum parkii*), le palmier doum (*Hyphaene thebaïca*).

Dans les secteurs fortement peuplés de cultivateurs, l'abondance des espèces conservées aboutit à une transformation complète de la végétation naturelle. Chaque espèce protégée présente un intérêt et une ou plusieurs utilisations. La végétation est « domestiquée ».

Il s'ensuit parfois des oppositions de paysages végétaux qui ne peuvent s'expliquer seulement par la nature du sol ou la plus ou moins grande proximité de la nappe phréatique. Un type de parc révèle un système économique traditionnel. Même si l'économie des populations paysannes tend à s'uniformiser de nos jours, les oppositions de paysages végétaux témoignent des particularités de leurs systèmes de production d'autrefois.

Les parcs à *Acacia albida* les plus denses et les plus beaux correspondent souvent à des paysanneries possédant beaucoup de petit bétail ou pratiquant un élevage de taurins, comme les Massa. Le bétail favorise la germination des graines d'*Acacia albida* et se nourrit de son fourrage vert en saison sèche.

Telle autre paysannerie, démunie de bétail pour une raison ou une autre, pallie l'absence de matières grasses d'origine animale par d'autres ressources d'origine végétale, par exemple le beurre de karité. Elle protège de façon systématique les jeunes plants de karité qui s'installent sur les terrains de culture, de même que les rejets de souche. Il se constitue ainsi des peuplements importants de karité qui ne sont pas vraiment « naturels » mais bien des vergers créés et protégés (AUBREVILLE, 1950).

Les deux types de parcs peuvent se développer à faible distance l'un de l'autre. Il en existe un exemple dans le Bec de Canard entre les secteurs habités par les Massa et leurs voisins Moussey.

Les parcs arborés d'espèces sélectionnées ne présentent pas seulement un intérêt pour leurs diverses utilisations. Ils peuvent soit directement, soit par des moyens détournés, améliorer la fertilité du sol. Ils font partie d'un ensemble de techniques culturelles qui améliorent le potentiel agronomique naturel. D'autres pratiques peuvent aboutir, au contraire, au résultat inverse.

Il est rare dans la région que les cultivateurs disposent de sols dont la nature n'ait pas été modifiée par une mise en culture antérieure. Ils héritent de sols amendés ou dégradés en partie par de longues pratiques culturelles.

Les pratiques culturelles et les sols

L'*Acacia albida* a la réputation d'enrichir les terres qu'il domine. On a souvent remarqué dans la région, combien les tiges de mil étaient de meilleure venue au pied de ces arbres qu'en champ ouvert. Comme toute légumineuse, il posséderait un pouvoir fertilisant provenant d'une bonne capacité de fixation de l'azote. Les nodosités des racines fixeraient beaucoup d'azote disponible aux sols. De plus, en saison sèche, les animaux viennent se reposer à son ombrage et leurs déjections enrichissent le sol.

Les résultats de quelques analyses pédologiques dans la région confirment ces propriétés.

L'ancien cordon littoral qui traverse les plaines est constitué de sables grossiers

très pauvres. Mais autour des villages abondent les *Acacia albida* qui modifient sensiblement le comportement des sols dans leur voisinage. Ces sols présentent des teneurs en matière organique (0,4 à 0,6 %) et d'azote (0,2 à 0,3 %) très faibles. Les rapports carbone/azote, de l'ordre de 9, indiquent des sols fragiles, caractérisés par une destruction rapide de la matière organique après mise en culture.

Sous couvert d'*Acacia albida*, la teneur en matière organique passe à 1,4 %. Celle d'azote augmente selon la même proportion. Les rapports carbone/azote restent faibles, à cause d'une activité biologique intense mais l'apport continu de matière organique par les arbres maintient la richesse du sol. Près des *Acacia albida*, les champs de coton sont très beaux sur des sols sableux grossiers (MARTIN, 1961).

La réaction de ces sols, déjà acide en surface, l'est encore plus en profondeur. Sous un couvert d'*Acacia albida*, elle devient neutre et même légèrement basique. La capacité de rétention d'éléments fertilisants par ces sols est très faible, en liaison avec des teneurs en argile inférieures à 10 %. Le couvert d'*Acacia albida* leur assure déjà un potentiel minéral un peu plus élevé et bien équilibré (MARTIN, 1961).

Des sols pauvres, utilisables seulement pour la culture de l'arachide, en viennent ainsi à porter de beaux champs de mil et de coton sous les parcs arborés autour des villages.

D'autres pratiques culturales se conjuguent à la présence du parc d'*Acacia albida* pour améliorer la qualité des sols.

Autour des villages et partout autour des habitations dispersées en montagne, les cultivateurs répandent sur les champs les détritiques ménagers et le fumier du petit bétail. Il se forme ainsi autour des cases un horizon anthropique superficiel à bonnes teneurs en matière organique. La dispersion des cendres ménagères sur les champs avant les pluies augmente aussi les réserves minérales en éléments directement assimilables par les plantes. Pour un même sol, le potentiel de fertilité peut varier selon l'intensité de l'influence humaine.

Cette variation se remarque bien autour des inselberg de la pénélaine de Kaélé. Au pied des reliefs, en secteur très peuplé et même surpeuplé, les sols sableux ou sablo-argileux sur colluvions sont cultivés de façon intense. La présence d'*Acacia albida* et l'apport au sol de détritiques ménagers assurent de bonnes récoltes de mil chaque année. Un peu plus loin des villages, les mêmes sols sont souvent épuisés et en voie d'érosion (MARTIN, 1963).

La plupart des cultivateurs adoptent d'autres pratiques culturales qui améliorent ou maintiennent le potentiel de fertilité des sols : rotations et associations de cultures, mises en jachères. Les bienfaits des rotations ou associations : céréales-légumineuses pour la fourniture d'azote au sol, sont connus de façon implicite.

Par contre, d'autres pratiques ne profitent pas toujours aux sols, par exemple le brûlis des tiges de mil et des chaumes avant les semailles. Cette mise à feu a l'avantage de nettoyer le champ des mauvaises herbes et de leurs graines qui traînent sur le champ après la récolte. Le brûlis, surtout après jachère, libère d'un seul coup quantité d'éléments fertilisants. Si le sol présente une bonne capacité de rétention de ces éléments, il peut les retenir et la récolte suivante sera belle. Mais si sa capacité de rétention est trop faible, les éléments fertilisants libérés ne lui profitent pas. C'est ce qui se passe sur les sols sableux pauvres de la plaine de Kalfou.

Même en montagne, il serait préférable de pratiquer un paillage des tiges de mil assurant un retour complet au sol de leur végétation. Mais c'est oublier que les tiges de mil servent d'abord aux besoins de construction et de chauffage. Selon la densité des espèces du parc arboré concourant aux mêmes usages, il reste plus ou moins de tiges de mil à brûler ou à enfouir au moment des pratiques culturales.

Sur les massifs Matakam, les tiges de mil servent surtout pour la construction (couverture des toits). Sur les massifs Podokwo, elles suffisent à peine aux besoins

de construction et de chauffage. Le retour de matière végétale au sol est alors insignifiant. Plus le parc arboré suffit aux besoins de perches pour la construction et de bois pour le feu, plus les sols peuvent être amendés par les débris végétaux de la récolte précédente.

Les cultures se montrent plus ou moins exigeantes. Le mil prélève peu de matériaux fertilisants par rapport au coton. Il est reconnu que ce dernier se comporte comme une plante épuisante pour le sol. En l'absence de fumure, les rendements baissent de façon régulière sur les mêmes parcelles cultivées en coton. Une rotation avec le mil permet de ralentir l'épuisement du sol mais une fumure régulière ou une mise en jachère serait préférable. Les cultivateurs ne l'admettent souvent que trop tard, quand l'épuisement du sol s'aggrave d'un début de dégradation par érosion.

Les pertes de potentiel de fertilité des sols proviennent parfois de cultures qui ne leur sont pas adaptées.

A l'époque du grand essor de la culture du coton, dans les années soixante, cette plante fut souvent cultivée sur des terres qui ne lui convenaient pas. Des terres pauvres, à faible teneur en argile et faible potentiel minéral, ont vite été épuisées.

Dès l'introduction du coton dans la région, les cultivateurs commencèrent à mettre en culture les argiles noires de la pénéplaine de Kaélé, intéressantes par leur grande richesse minérale. De plus, on a déjà signalé qu'une grande partie de ces argiles noires présentent sur Kaélé un horizon superficiel moins argileux, moins compact et mieux drainé qu'en profondeur, donc plus favorable au coton que des argiles noires typiques.

Après le déboisement, les rendements en coton furent corrects les premières années, grâce à cet horizon superficiel et à son stock organique relativement élevé. Mais des cultures répétées ont provoqué la baisse régulière des rendements puis l'abandon de nombreux secteurs. Les cultures de coton ont fini par détruire la structure superficielle et par diminuer fortement le stock organique. Les horizons argileux compacts affleurent maintenant mais leur engorgement en eau et leur faible teneur en matière organique ne conviennent plus au coton. De plus, la destruction de l'horizon superficiel s'accompagne d'un début d'érosion.

Les cultivateurs de Kaélé introduisent maintenant le coton sur les argiles noires en pente qui présentent un meilleur drainage externe et des teneurs modérées en argiles sur une plus grande épaisseur. Ces facteurs facilitent certes la culture du coton par rapport aux terrains plats mais ils favorisent aussi l'érosion. Déjà active sur ces terrains en pente, elle ne peut que prendre de l'ampleur en terrains cultivés sans précautions. « Des techniques culturales du coton conservatrices et bien adaptées aux sols apparentés aux argiles noires, sont encore à trouver » (MARTIN, 1963).

Sur ces sols qui ne lui conviennent pas, la culture du coton s'est traduite, après quelques années, par la destruction du potentiel organique et par le déclenchement de l'érosion.

Érosion et intensité de l'utilisation du sol

Existe-t-il un rapport entre l'importance de l'érosion et l'intensité de l'utilisation du sol ? Il semblerait évident que le déboisement systématique et la mise en culture de tous les sols, parfois sans repos, les rendent d'autant plus sensibles à l'érosion. Pourtant, c'est plutôt un rapport inverse qui se vérifie dans les faits.

Les monts Mandara fournissent l'exemple d'une utilisation du sol des plus intenses qui soient, s'accompagnant de mesures anti-érosives efficaces. Sur le

plateau de Mokolo et les piémonts, les mêmes cultivateurs tendent à négliger les mesures de conservation des sols. Des essais de techniques de protection s'observent cependant sur les piémonts les plus densément peuplés : ados perpendiculaires à la pente, petits fossés de dérivation des eaux. A mesure que les terres libres deviennent plus rares sur les piémonts, les cultivateurs paraissent incités à prendre soin de la fertilité du sol et de sa conservation. L'adoption de telles techniques dépendrait donc de l'intensité du peuplement et de la pression humaine sur les terres cultivables.

Une exception importante contredit cependant la relation logique entre la protection du potentiel agricole et la valorisation des terres.

Depuis quelques années et de façon parallèle à l'essor de la culture du coton, les argiles noires sont déboisées et utilisées pour les cultures de mil d'arrière-saison. Ces cultures se répètent d'une année sur l'autre sans repos et sans apport de fumure. Les techniques culturales ménagent peu le potentiel de fertilité des sols, heureusement très élevé. Le nettoyage de la végétation est systématique chaque année pour éviter d'offrir des perchoirs aux oiseaux mange-mil. Même les berges de cours d'eau sont déboisées, ce qui permet à l'érosion en ravines de progresser rapidement.

Comme les placages d'argiles noires sont le plus souvent plats, le ruissellement en surface reste faible. Mais la pente la plus légère risque de l'amorcer, d'autant plus que la perméabilité des sols est mauvaise. L'érosion en nappes entraîne la fraction argileuse superficielle. Les sols évoluent alors vers des vertisols dégradés à horizon de surface déjà sableux et à potentiel de fertilité amoindri.

Même sur des terrains plats, les argiles noires, gonflées d'eau en saison des pluies, se tiennent très mal et montrent une grande sensibilité à l'érosion. L'ampleur catastrophique qu'elle prend dans la petite plaine de Gawar concerne surtout ce type de terrain. L'érosion sur la périphérie des placages argileux y devient partout inquiétante. Par endroits, elle les réduit en lambeaux très dégradés et menacés de disparaître.

Aux environs de Maroua, les cultivateurs édifient des diguettes selon un canevas géométrique, chaque maille enserrant quelques mètres carrés. Ils réussissent ainsi à cultiver du mil repiqué sur des sols qui leur conviennent à peine. Les diguettes retiennent l'eau qui percole lentement et imprègne les horizons inférieurs. En même temps, elles éliminent l'écoulement et l'érosion en nappes. Des techniques traditionnelles de protection de ces sols existent donc. Mais comme il est pénible de travailler dans ces argiles noires en saison des pluies, les cultivateurs les négligent.

Comme ces terrains acquièrent depuis deux décennies un grand intérêt pour les cultures vivrières, leur exploitation devient continue d'une année sur l'autre jusqu'à ce que les sols refusent d'eux-mêmes de continuer à produire. Ils sont alors abandonnés à une jachère à *Acacia seyal*. Mais leur régénération n'en est que plus lente. Une culture sans interruption pendant une dizaine d'années peut nécessiter une jachère de reconstitution de 8 ans. Parfois le terrain n'est plus récupérable, par suite d'une dégradation irréversible du sol. Elle se manifeste par la destruction du stock de matière organique et surtout, par une accumulation de sodium en profondeur. Ces sols tendent alors à s'apparenter aux « hardé » stériles. Leur dégradation lente risque de remettre en cause les systèmes de production et les équilibres vivriers mis en place après l'introduction du coton.

Les argiles noires couvrent des étendues limitées ; leur mise en valeur est devenue primordiale pour les agriculteurs de plaine ; malgré cela, ils les exploitent sans aucune protection. Un grand danger guette donc les cultivateurs s'ils ne modifient pas leurs techniques de culture des sols pourtant les plus fertiles de la région.