

CHAPITRE VIII

LA VEGETATION ET LES CONDITIONS EDAPHIQUES

par M. SCHMID

avec des compléments de J. BOSSER

Une étude sur les relations entre la végétation et le milieu édaphique peut se limiter au relevé des caractères de la couverture végétale apparaissant régulièrement associés à certaines propriétés de son support. Ainsi des prospecteurs, géologues ou pédologues, s'attacheront-ils à distinguer dans un paysage les éléments propres à faciliter la localisation d'un type bien défini du terrain ; ainsi, par une démarche inverse, un botaniste, pour établir la distribution d'une espèce, sera-t-il amené à se référer à des données d'ordre pétrographique. Lorsque se pose le problème de l'utilisation des terres, il importe moins cependant de s'assurer de la constance d'une liaison que d'en élucider le déterminisme en cherchant comment l'installation et le développement de la plante se trouvent conditionnés par les facteurs édaphiques ou comment la plante intervient dans la formation et la différenciation du sol. Observons enfin que les relations entre la végétation et le milieu édaphique ne relèvent pas seulement d'une causalité interne à l'ensemble qu'ils constituent : en particulier, une modification des conditions climatiques peut entraîner des changements importants dans les liaisons constatées.

Après avoir brièvement rappelé le rôle du sol dans la vie de la plante et montré comment ce rôle peut se trouver conditionné par d'autres facteurs écologiques, il sera fait mention de quelques modalités d'adaptation de la végétation à un habitat qu'elle-même contribue à déterminer. On donnera ensuite des exemples de liaisons entre groupements, considérés d'un point de vue physiologique ou d'un point de vue floristique, et propriétés du milieu édaphique, en soulignant l'intérêt que présente leur étude pour la connaissance de ce dernier. On terminera par diverses remarques relatives à des problèmes d'aménagements régionaux.

8.1. - Action du sol sur la végétation.

L'action du sol sur la vie végétale ne peut être étudiée sans tenir compte de l'influence de l'environnement pétrographique, topographique ou climatologique : la prise en considération de l'ensemble des phénomènes conditionnant au niveau du sol la vie de la plante conduit à la notion de milieu édaphique. Dans ce complexe, le sol joue un rôle essentiel, intervenant à la fois comme support et comme pourvoyeur.

8.1.1. Le sol en tant que support.

Pour constituer un bon support, un sol doit être relativement meuble et profond : une pierrosité excessive, une forte compacité à faible distance de la surface ne permettent pas à une végétation continue et puissante de s'implanter solidement. Il faut encore qu'il présente une bonne stabilité mécanique et structurale. Il faut enfin que, par rapport aux horizons sous-jacents, l'horizon supérieur ne soit pas trop riche, ce qui amènerait les racines à s'y développer de manière exclusive.

L'instabilité des sols lessivés sur fortes pentes, instabilité liée à la différenciation d'un horizon argileux jouant le rôle de plan de glissement, entraîne la destruction périodique de la forêt dans les massifs granitiques du Viet-Nam et de Madagascar. Au cours de pluies cycloniques particulièrement abondantes, ces glissements peuvent être nombreux et spectaculaires. Les phénomènes de gonflement et de retrait consécutifs aux alternances d'humidité et de sécheresse, dans le cas des vertisols, l'absence de structure ou la fragilité des agrégats, qu'il s'agisse de sables ou d'éluvions sodiques, rendent le milieu impropre à l'implantation de beaucoup d'espèces.

Lorsque les substances utiles tendent à se concentrer à un certain niveau du profil, il est clair que les conditions les plus favorables se trouvent réalisées lorsque ce niveau se situe assez en profondeur tout en restant accessible à des systèmes racinaires normalement développés. De ce point de vue, les sols sous forêt dense en zone tropicale humide ne constituent pas généralement de bons supports, les éléments libérés par la décomposition de la litière s'accumulant en surface avec la matière organique au-dessus d'un horizon ferrallitique presque stérile. La végétation est alors sensible à certains éléments tels que sécheresse, feux, vents. Une fois la forêt défrichée, l'épuisement de cet horizon superficiel, par l'action conjuguée des cultures et de l'érosion, peut être très rapide.

Aux Nouvelles Hébrides, la richesse de la terre jointe à sa relative compacité favorise sur sols brun-rouge, connus pour leur exceptionnelle fertilité, l'extension de groupements d'espèces à enracinement superficiel résistant mal aux vents cyclonaux. A l'inverse, on observe parfois de très grands arbres sur des sols d'apparence squelettique mais associés à des roches fissurées où les racines peuvent s'ancrer. C'est, dans le domaine néo-calédonien, le cas des forêts d'Araucarias des îles Loyauté, toujours situées dans des stations exposées à des vents très violents, et, dans le domaine malgache, le cas des forêts sèches qui occupent les calcaires karstiques de l'Ouest.

8.1.2. Le sol en tant que pourvoyeur.

Le sol pourvoit aux besoins de la végétation en mettant à sa disposition l'eau et diverses substances minérales. Dans l'examen de ce rôle de pourvoyeur, deux ensembles de propriétés sont à prendre en considération : les propriétés concernant l'existence ou la constitution des réserves, celles concernant la mobilisation des réserves.

L'importance des réserves en eau dépend du volume et de la périodicité des apports, directement ou indirectement d'origine atmosphérique, et de la capacité d'absorption et de rétention du sol. Sa richesse en constituants minéraux utiles varie avec la composition des matériaux dont il est issu et avec les processus pédogénétiques, la liaison entre l'importance des réserves et la composition de la roche-mère présentant un caractère plus général dans le cas du phosphore et du potassium que dans celui du calcium, du magnésium ou des oligo-éléments. Quant aux teneurs en azote, elles dépendent dans une large mesure de la composition de la couverture végétale.

L'étude des conditions rendant possible l'utilisation par la plante des substances présentes dans le sol conduit aux notions d'assimilabilité et de capacité en eau utile. Des liaisons de différents types rendant compte de la mobilisation des réserves pendant la phase critique d'un cycle saisonnier ou consécutivement à certaines opérations culturales ont été mises en évidence (potentiel capillaire, capacité d'échange...); mais les échanges lents et continus, conditionnant sur une longue période de temps l'évolution de la couverture végétale, sont encore mal expliqués.

Dans l'esprit de beaucoup de botanistes, les propriétés physiques des sols, en particulier leur capacité en eau utile, jouent un rôle plus important dans le développement de la végétation que leurs propriétés chimiques. Ils pensent que, si la connaissance de ces dernières permet à l'agronome de

mieux comprendre les comportements de groupements artificiels peu longévifs et gros consommateurs de substances minérales, elle présente peu d'intérêt dans l'étude de la distribution des groupements naturels, au moins en zone tropicale. L'attention dans la recherche écologique s'étant portée d'abord sur les facteurs climatiques, il était normal que l'on s'intéressât spécialement au rôle du sol dans l'alimentation en eau de la plante ; en outre, cette opinion se trouve en partie justifiée par la pauvreté chimique assez générale des sols dans les régions chaudes et humides, où la forêt bien souvent vit sur ses propres réserves minérales, et par l'importance majeure de l'économie en eau dans les régions semi-arides. Des travaux assez récents ont montré cependant que l'évolution de la flore pouvait dépendre dans une large mesure de certaines propriétés chimiques des sols, en particulier des variations des teneurs en phosphore. Il convient enfin d'observer qu'entre les propriétés physiques des sols et leurs propriétés chimiques, ou tout au moins leurs propriétés physico-chimiques, les liaisons sont parfois manifestes : dans l'étude de leur influence sur la végétation, on ne saurait ignorer l'existence de ces liaisons.

8.1.3. Interactions entre facteurs pédologiques, climatiques, et topographiques.

Les interactions entre différents facteurs écologiques présentent une particulière importance en ce qui concerne l'approvisionnement en eau.

Sous climat à précipitations faibles et irrégulières, les sols perméables, où des réserves d'eau peuvent se constituer en profondeur tout en demeurant accessibles aux racines, conviennent mieux à la végétation que les sols où l'eau pénètre difficilement, ce qui entraîne des pertes par évaporation ou par ruissellement. Sous climat à précipitations abondantes, les sols sableux profonds sont plus « secs » que les sols de texture plus fine où des réserves peuvent se constituer sur toute l'épaisseur du profil. Encore, à supposer que les pluies soient irrégulièrement distribuées (climat de mousson), faut-il faire la distinction entre les sols bien structurés et les sols argileux compacts où les réserves utiles se limitant à l'horizon supérieur ne peuvent satisfaire qu'aux exigences d'une végétation saisonnière. L'engorgement de la surface créant un milieu asphyxiant gêne d'ailleurs le développement des racines et, là-même où les réserves demeurent importantes toute l'année, rend difficile l'installation de la forêt hygrophile.

Ainsi, dans la partie méridionale du Viet-Nam, sous climat a été très pluvieux, à saison sèche plus ou moins accentuée, la forêt dense à strate dominante sempervirente ou semi-caducifoliée, à strate dominée sempervirente, occupe les sols ferrallitiques argileux ou sablo-argileux profonds et bien structurés ; sur les sols sableux reposant à moyenne profondeur sur un horizon imperméable, on observe des forêts claires à strate supérieure sempervirente, à strate inférieure sempervirente ou caducifoliée ; sur les vertisols pierreux et sur les sols à gravillons ou carapace, s'étend la forêt claire à strate supérieure caducifoliée, à strate inférieure caducifoliée ou saisonnière ; enfin, dans les dépressions périodiquement inondées, on trouve sur des sols hydromorphes compacts des prairies dont la densité varie avec la durée de la période de submersion.

Lorsque le sol est peu profond, le terrain sous-jacent peut jouer un rôle important dans la constitution de la réserve. Sur certaines îles coralliennes du Pacifique, une forêt puissante, composée presque exclusivement d'essences sempervirentes, croît sur des lapiez que ne recouvre qu'une très mince épaisseur de terre. Au Viet-Nam, sur les schistes, les caractères de la végétation varient avec l'orientation des plans de schistosité par rapport à la surface topographique : s'ils sont fortement inclinés sur cette surface, c'est la forêt dense qui s'installe ; s'ils lui sont parallèles, c'est la forêt claire.

Il faut tenir compte enfin du relief ou du microrelief. Sur les pentes, l'eau a tendance à ruisseler et le renouvellement des réserves est plus difficile. Dans les zones de piémont, sous climat humide, c'est plutôt l'excès d'eau qui est à craindre, la végétation étant alors plus belle quand les lits des ruisseaux sont relativement encaissés. L'influence du microrelief est également importante mais peut-être difficile à déceler, en particulier lorsque des matériaux d'apport masquent les irrégularités d'une ancienne surface topographique : ainsi LEPOUTRE (1965) dans une étude sur la forêt de Mamora, au Maroc, a montré que les conditions édaphiques sont optimales pour les Pins lorsque, la pente du terrain sous-jacent étant faible, l'épaisseur des sédiments de recouvrement est voisine de

1,50 mètre ; lorsque, en raison du micro-relief du sous-sol, des phénomènes d'assèchement ou d'engorgement locaux se produisent en profondeur, les conditions optimales se trouvent réalisées pour des épaisseurs différentes.

Les réserves d'eau qui se constituent au pied des pentes et dans les dépressions sont généralement mal aérées ; elles n'ont donc pas la même valeur que celles qui se constituent dans un sol perméable mais à forte capacité en eau utile. Certaines espèces croissant normalement sur terres bien drainées sont néanmoins capables de les utiliser. C'est le cas au Viet-Nam de *Podocarpus imbricatus* que l'on observe en forêt dense sempervirente sur des pentes fortement arrosées et, sous climat moins humide, dans des marais, en groupements parfois presque monospécifiques ; c'est en Afrique le cas de *Tarrietia utilis*, espèce pélohygrophile de Côte d'Ivoire, retrouvée dans certains marais guinéens (LEMEE, 1959).

L'eau étant l'agent mobilisateur et transporteur essentiel des substances nutritives, les sols chimiquement pauvres sont plus « secs » que les sols riches en éléments assimilables. Ainsi des phénomènes dits de « flétrissement physiologique » ont pu être mis en rapport avec l'insuffisance des teneurs du sol en potassium qui joue d'ailleurs un rôle particulièrement important dans l'économie de l'eau.

Des interactions entre milieu climatique et milieu édaphique sont également intéressantes à signaler en ce qui concerne les échanges thermiques : les sols de coloration foncée s'échauffent pendant le jour et émettent la nuit des radiations infrarouges, réduisant ainsi les écarts de température diurnes - nocturnes dans les basses couches de l'atmosphère ; les sols dont la teneur en eau est élevée (sols argileux) s'échauffent et se refroidissent plus lentement. Enfin, le degré de résistance de beaucoup d'espèces au froid dépend des conditions de leur nutrition minérale : au Queensland, sur les terres fertiles, la forêt dense tropicale pénètre largement dans des régions où les gelées sont fréquentes (WEBB, 1963).

8.2 - Modalités d'adaptation de la végétation - Interdépendance végétation-sol.

L'adaptation est relative, d'une part à l'individu ou à l'espèce, il s'agira plutôt alors de pré-adaptation, d'autre part au groupe.

8.2.1. Adaptation ou Préadaptation de l'espèce.

Deux individus ayant le même complexe héréditaire présenteront, s'ils croissent dans des milieux distincts, des différences de forme plus ou moins sensibles. Chez les espèces dite « polymorphes », ces différences peuvent être très accentuées et seront justement qualifiées d'adaptatives lorsqu'elles se trouvent liées de manière constante à des changements déterminés des conditions stationnelles, bien que leur signification du point de vue physiologique n'apparaisse pas toujours clairement. Ainsi, en Nouvelle-Calédonie, *Nepenthes vieillardii* croissant à découvert sur sol sec et pauvre est une plante traînante, rabougrie, alors qu'en lisière de forêt, sur sol profond et frais, relativement riche, c'est une grande liane. S'agissant de caractères définissant l'espèce ou la variété et se transmettant indépendamment des actions extérieures, on ne peut parler d'adaptation : on les qualifiera de préadaptatifs dans la mesure où ils disposent la plante à mieux utiliser les ressources de certains types de milieux ou, par extension, lorsqu'ils ne se retrouvent que chez les espèces attachées normalement à des milieux de propriétés très voisines.

A une morphologie, à une anatomie particulières, répondent certaines dispositions physiologiques ; mais une différenciation induite par un certain génotype peut se manifester indépendamment de toute motivation actuelle. Il demeure qu'assez fréquemment des liaisons apparaissent entre la physionomie de la plante et son comportement sans qu'il soit toujours aisé d'en donner une interprétation en accord avec la généralité des faits constatés, comme il ressort de l'exemple suivant, relatif aux espèces xéromorphes.

Les caractères dits « xéromorphes » sont relatifs à une modification de la morphologie foliaire se traduisant par un épaississement de la cuticule, l'enfoncement des stomates, l'enrichissement des

tissus en sclérenchyme, la réduction des dimensions du limbe, le développement de la pilosité... Il semble qu'il y ait une relation entre l'acquisition de tels caractères et celle d'une meilleure résistance à la sécheresse. Cependant, les espèces « xéromorphes » sont souvent mieux représentées dans les groupements sous climat relativement humide mais sur sols chimiquement pauvres que dans les groupements sous climat aride. En Australie, c'est sur les sables très déminéralisés, en particulier très pauvres en phosphore, dans la région de Perth, que la végétation présente le type xéromorphe le plus accentué ; mais les espèces xéromorphes sont peu nombreuses dans les zones désertiques (BEADLE 1966). Au Brésil, la végétation des « cerrados » sous climat semi-humide (plus de 1 000 mm de précipitations annuelles), sur sols profonds mais très pauvres, contraste par sa richesse en espèces xéromorphes avec la végétation des « caatingas », localisées dans des régions beaucoup plus sèches, où dominent des plantes succulentes ou à feuilles décidues (FERRI, 1959). En Nouvelle-Calédonie, le « maquis » sur roches ultrabasiques, recevant chaque année plus de 2 mètres d'eau, les périodes de sécheresse étant rarement très longues, est constitué d'arbrisseaux sclérophylles dont les formes très spéciales semblent liées à une préadaptation à des sols presque entièrement dépourvus de tous les éléments majeurs indispensables ou renfermant des minéraux toxiques. La xéromorphie dans ces conditions pourrait être la conséquence d'une adaptation progressive, intégrée maintenant au génotype, à l'oligotrophie : la proportion élevée de tissus scléreux dans le parenchyme foliaire serait en relation avec une alimentation carencée en phosphore et en azote. Il est vraisemblable que la structure xéromorphe accroît la résistance à des sécheresses occasionnelles ; mais elle ralentit les échanges avec l'atmosphère, alors que, dans les régions où les précipitations sont rares et très groupées, il importe que ces échanges présentent une forte intensité au cours des périodes les plus favorables (FERRI, 1959).

Il est assez fréquent que la majorité des espèces se rattachant à un certain genre ou à une certaine famille présentent du point de vue écologique des comportements voisins. Il s'agit alors, soit de caractères préadaptatifs qui se seraient différenciés à une époque très reculée, soit de caractères apparus consécutivement à des regroupements dans des stations refuges. Mentionnons à côté des Salsolacées halophiles, des Rhizophoracées colonisatrices des vases salifères, des *Aristida*, répandues sur les terres pauvres dans toutes les régions tropicales, qui constituent des exemples classiques, les Myrtacées leptospermées et les Protéacées si nombreuses dans les scrubs australiens, les Epacridacées et les Cunoniacées (*Codia*, *Pancheria*) des maquis néo-calédoniens...

8.2.2. Adaptation du groupe.

L'étude des faits d'adaptation mène à considérer tout groupement végétal comme une communauté d'espèces dont l'association rend possible l'exploitation des ressources du milieu dans des conditions optimales. Sans doute, en dehors de cas évidents de parasitisme ou de symbiose, n'existe-t-il pas entre les individus qui composent le groupement de liens véritables, chacun exploitant le milieu pour son propre compte tout en profitant des modifications des conditions écologiques résultant par la présence des autres ; mais la structure de l'ensemble, conditionnée davantage par les facteurs écologiques que par la flore, peut être considérée comme fonctionnelle (1). Aussi, dans les régions tropicales où les espèces ayant des exigences écologiques très voisines sont parfois nombreuses sur un terrain de faible étendue, les groupements caractéristiques d'un milieu donné sont-ils souvent plus faciles à définir par référence à des critères physiologiques, on parlera alors de formations, que par référence à des critères floristiques, bien que, en dernière analyse, ces derniers apparaissent les plus sûrs.

Ce qui a été dit des espèces rend compte, dans une large mesure, de l'influence possible des facteurs édaphiques sur la distribution des grands types de groupements. La forêt dense occupe généralement des sols profonds, à bonne capacité en eau utile, les groupements sempervirents s'adaptant mieux que les groupements caducifoliés aux terres dépourvues de réserves et à faible

(1) Les groupements qui, étant associés à des milieux de même type tout en ayant des flores distinctes, présentent des structures très voisines, constituent des homécies.

capacité d'échange de bases ; sur les sols les plus pauvres, dans les régions très humides, on observe des formations moins puissantes, à feuilles semi-coriaces (« heath forest » des auteurs anglo-saxons). La forêt claire croît sur des sols à propriétés physiques peu favorables, souvent à forte pierrosité. Les communautés herbacées se développent mieux sur des sols de texture assez fine de structure en surface très uniforme ; elles s'installent plutôt que la forêt sur les terres se ressuyant mal ou soumises à des inondations périodiques, là surtout où le limonage est abondant (sols « azonaux » et sols « intrazonaux »).

Sur les terres bien drainées, la prairie est souvent l'indice d'un appauvrissement extrême du milieu (prairies à *Aristida* ou à *Kerriochloa* sur les plateaux ferrallitiques du Sud Viet-Nam).

L'enrichissement de la flore est lié à des phénomènes à la fois d'ordre préadaptif et d'ordre dynamique : diversité des conditions écologiques, milieu satisfaisant aux exigences moyennes de beaucoup d'espèces ou affaiblissant leur pouvoir compétitif sans interdire leur installation... lui sont également favorables.

Ainsi, la richesse floristique de certaines forêts claires indochinoises s'explique par l'hétérogénéité et les propriétés défavorables (pierrosité, microrelief...) des sols auxquels elles sont associés.

L'affaiblissement du pouvoir compétitif peut résulter de l'insuffisance des ressources du milieu édaphique en substances utiles : la flore des scrubs australiens sur terres substériles est particulièrement riche, des apports de phosphates entraînant l'apparition d'une flore banale et pauvre. La présence dans le sol d'éléments toxiques amène la différenciation d'une flore originale s'accompagnant généralement d'une réduction du nombre des espèces (flore halophiles, flore métallobiotes du Katanga). Les maquis néo-calédoniens, sur sols formés à partir de roches ultrabasiques ayant des teneurs élevées en chrome et en nickel, ont néanmoins une flore riche, les terres qu'ils occupent étant mieux caractérisées en surface par leur extrême pauvreté que par leur toxicité et le relief souvent très accentué entraînant une forte diversification des conditions écologiques.

Dans le cas des forêts denses tropicales, où la compétition entre individus est particulièrement sévère au sein d'un milieu d'apparence souvent très homogène, la richesse de la flore peut être mise en relation avec l'existence d'un fonds floristique riche en espèces ayant des exigences écologiques similaires et avec les conditions de développement difficiles des semis en même temps que leur isolement relatif (densité du couvert, diaspores lourdes restant groupées au pied de la plante-mère). En outre, les apports de matière organique provenant des différentes espèces constitutives des strates dominantes accentuent la microhétérogénéité de l'horizon supérieur du sol.

8.2.3. Végétation et Pédogénèse.

Les relations entre la végétation et le sol ont été étudiées en se plaçant successivement au point de vue du pédologue et au point de vue du botaniste. Il faut examiner maintenant, dans le cadre du véritable complexe qu'ils constituent, l'influence du monde végétal sur l'évolution des sols et les conséquences qu'elle peut avoir en retour sur la vie de la plante.

Les systèmes racinaires et, surtout, la matière organique issue des litières interviennent très activement dans les phénomènes de décomposition et de transport qui sont à la base de la formation des sols ; en outre, la couverture végétale en réduisant l'érosion superficielle rend possible l'accumulation sur place des produits d'altération et, par voie de conséquence, la différenciation des horizons.

Le rôle de la végétation dans la pédogénèse apparaît donc au début essentiellement constructif ; mais sur une longue période de temps, il ne présente pas des aspects positifs. En effet, l'approfondissement continu du profil, s'accompagnant généralement, en milieu équatorial ou tropical humide, d'un appauvrissement chimique, et la différenciation de plus en plus accentuée des horizons entraînant l'isolement des couches supérieures du sol, les seules qui soient accessibles aux racines, par rapport à la roche-mère, source première des substances minérales indispensables. Au terme de l'évolution, on trouve en surface une couche de terre riche en matière organique et en éléments assimilables mais dépourvue de réserves, constituant avec la couverture végétale une sorte de complexe symbiotique et reposant sur des horizons morts ou très peu de racines pénètrent.

Ainsi, dans les régions tropicales, le sol, dont la fertilité peut paraître grande sous forêt, se révèle souvent très pauvre une fois défriché, à moins que des précautions exceptionnelles aient été prises pour éviter la destruction de l'horizon organique où se trouvent concentrées toutes les ressources minérales sous des formes facilement entraînables par les eaux d'infiltration. On conçoit que l'appauvrissement dû au lessivage, si lent soit-il sous végétation climacique, rende finalement le milieu impropre à l'existence de la forêt dont divers cataclysmes (cyclones...) ou l'intervention de l'homme pourront hâter la disparition (1).

L'importance et la nature du rôle de la végétation sont fonction de la masse totale et de la qualité de la matière organique s'incorporant chaque année au sol, qui, elles-mêmes, dépendent des conditions climatiques et pétrographiques ; elle ne peut donc être tenue pour seule responsable de l'évolution de la fertilité : dans les secteurs montagneux du Sud-Viet-Nam, la forêt de feuillus domine sur les roches neutres ou basiques, la forêt de Gymnospermes, qui donne un humus plus acidifiant, sur les granites dont la composition et la texture facilitent l'instauration de processus de lixiviation (1). Ajoutons que l'intervention de l'homme favorise souvent l'extension d'espèces susceptibles d'avoir sur l'évolution de la fertilité une action propre nuisible (extension de la Pinède au Viet-Nam, de la savane à **Melaleuca** en Nouvelle-Calédonie).

L'influence de la végétation sur la pédogenèse est telle que, à supposer qu'un changement de climat ait entraîné une modification de la couverture climacique, le profil porte la marque de chacune des formations qui se sont succédées au même emplacement. L'étude du sol permet alors de reconstituer l'histoire de la végétation. Ainsi, en Côte-d'Ivoire, l'existence dans la zone forestière de sols peu ferrallitisés, au Sud du pays Baoulé, confirme l'hypothèse d'une extension de la savane jusqu'à la zone littorale au cours de la dernière période sèche du Quaternaire (MANGENOT, LENEUF, 1959).

8.3. - Végétation naturelle et connaissance du milieu édaphique.

La végétation, en raison de ses liens étroits avec le milieu édaphique, constitue une source d'informations précieuse sur les sols et sur leur productivité ainsi que sur les conditions pétrographiques et hydrologiques qui ont présidé à leur genèse.

L'utilisation de la photographie aérienne, qui prend de plus en plus d'importance dans l'établissement des cartes géologiques, géomorphologiques ou pédologiques, est basée sur l'examen du tapis végétal qui reflète dans ses différents aspects les variations de son support. En principe, à tout changement de végétation, s'agissant au moins du couvert naturel, correspond une modification du terrain, le tracé des lignes de contact souvent difficiles à localiser par elles-mêmes, se trouvant ainsi grandement simplifié.

L'étude de la couverture végétale en tant que témoins des conditions édaphiques facilite non seulement la délimitation mais aussi la reconnaissance des principaux types de sols et peut aider à préciser certains de leurs caractères ; encore convient-il d'être alors très prudent.

Les informations que l'on peut tirer de l'examen de la couverture végétale concernant le substrat pétrographique seront plus complètes dans les pays au relief accentué et sous climat moyennement humide.

(1) Les apports de l'atmosphère qui ne sont jamais entièrement négligeables (poussières) peuvent, à la limite, compenser certaines de ces pertes et on admettra que des groupements associés à des sols particulièrement appauvris vivent en quelque sorte de l'air du temps. Dans de tels groupements, on trouvera beaucoup d'espèces à mycorrhizes utilisant directement l'azote atmosphérique (Casuarina en Nouvelle-Calédonie).

(2) Dans les secteurs les plus élevés du Massif Sud-Annamitique, le Pin à feuilles, essence de pleine lumière, se régénère grâce aux trouées opérées dans la forêt par les glissements de terrain qui sont plus fréquents sur les Granites que sur les Dacites, roches neutres microlitiques.

Au nord de la Nouvelle Calédonie, les affleurements de serpentine, souvent de très faible extension, au sein des schistes gréseux, se reconnaissent de loin à la présence de **Casuarina collina** d'un vert sombre ; sur les péridotites, on observe des formations buissonnantes assez continues ou « maquis » et des peuplements d'**Araucaria** ; sur les phanites et sur certains schistes très siliceux, on trouve également des maquis, de flore toutefois beaucoup moins riche, sur schistes relativement argileux des groupements à **Melaleuca** ; sur les basaltes - dolérites, on voit des prairies framinéennes denses ; les calcaires sont en général fortement boisés. Des affleurements de roches particulières (schistes de Tondo) mais difficiles à distinguer des terrains avoisinants ont même été reconnus en raison de la physionomie spéciale des groupements qui y sont associés. A Madagascar sur les hauts-plateaux, les affleurements de cipolins, qui sont très localisés, se reconnaissent de loin à la présence d'un grand Aloe (**A. capitata**, var. **cipolinicola**) qui domine les graminées. D'anciens bras morts comblés par des sables grossiers dans le delta du Mangoky sont occupés par une végétation épineuse à **Didierea madagascariensis**, alors que les alluvions limoneuses portent une forêt semi-décidue sans **Didierea**, et, dans les régions marécageuses, (pourtour du lac Alaotra), **Phragmites mauritianus** signale les atterrissements d'alluvions arénacées dans la prairie à **Cyperus** sur sols tourbeux.

En matière d'Hydrologie, des renseignements intéressants peuvent également être obtenus de l'étude de la végétation.

Au Viet-Nam, les surfaces soumises périodiquement à des inondations de forte amplitude s'accompagnant d'un limonage important sont occupées généralement par des groupements graminéens denses, de flore très pauvre, variable avec la durée de la période de submersion et avec la granulométrie des alluvions. Là où la mobilité des eaux et les variations de leur niveau sont assez faibles, on trouve des prairies de flore plus riche. Là où, sans qu'il y ait d'apports solides importants, l'engorgement du sol est entretenu en permanence par l'affleurement d'une nappe phréatique, on observe des groupements ligneux de composition très particulière. Quand le niveau aquifère, tout en demeurant en période sèche accessible aux racines, se situe à une profondeur suffisante pour que les horizons supérieurs ne deviennent pas asphyxiante, l'influence favorable que sa présence exerce sur la végétation s'explique aisément ; mais cette influence peut apparaître également bénéfique alors que la nappe se trouve bien au-dessous de la zone de pénétration des racines ; sur les plateaux basaltiques du Sud Viet-Nam, elle demeure sensible lorsque le plan d'eau phréatique s'abaisse à plus de vingt mètres de la surface topographique.

Parfois des différences minimales de profondeur de la nappe phréatique entraînent des changements de végétation. Ainsi, à Madagascar, des sols engorgés de façon permanente jusqu'à la surface portent une prairie marécageuse à **Leersia hexandra**. Un décrochement topographique permettant aux dix premiers centimètres de se ressuyer rendra possible l'installation d'une prairie à **Cynodon dactylon**, **Digitaria Humberti** ou encore **Brachiaria correcta**.

La végétation devrait constituer une meilleure source d'information sur les sols, auxquels elle est directement attachée, que sur leur substrat. Si, cependant, la plupart des pédologues reconnaissent l'intérêt de l'examen de la couverture végétale pour des études de caractère local, beaucoup estiment que les relations entre les divers groupements et les principaux types de sols sont trop lâches pour qu'il soit utile d'en tenir compte dans les travaux nécessitant des comparaisons entre stations éloignées. Il est vrai que les interférences entre facteurs climatiques et facteurs pédologiques, dans certains cas le changement du fonds floristique, rendent délicates de telles comparaisons. En outre, les pédologues tendent de plus en plus dans leurs classifications à considérer le sol indépendamment de son environnement, alors que les relations de la végétation avec le milieu édaphique ne sont pas limitées au cadre du sol *sensu stricto*. Enfin, il faut reconnaître que, dans les régions tropicales, les définitions données des groupements végétaux, tant du point de vue physionomie que du point de vue floristique, sont souvent trop vagues ou trop compliquées pour qu'il soit commode de s'y référer.

La relation entre la présence de groupements buissonnants sclérophylles et la pauvreté chimique du sol, la localisation des formations graminéennes sur terres mal drainées ou soumises à des inondations de longue durée... ont été précédemment signalées. Dans le cadre d'un fonds floristique déterminé, c'est l'espèce ou le groupe d'espèces, qualifié à ce titre de « groupe écologique » ;

plutôt que le groupement défini comme unité d'ordre physiologique ou physiologique, qui seront des indicateurs valables.

Les espèces ou groupes d'espèces témoins peuvent se trouver associés à des milieux variés mais ayant en commun une propriété bien définie. Plus souvent, leur présence traduit la réalisation d'un état complexe résultant des interventions de différents facteurs, susceptibles dans les limites assez larges de se compenser les unes les autres. Dans ce dernier cas, les informations apportées seront plus délicates à interpréter du point de vue pédologique mais faciliteront l'établissement de cartes d'utilisation des terres.

En règle générale, la fidélité des plantes indicatrices est d'autant plus grande que leur spécialisation est plus étroite. C'est dans les limites d'un domaine où les conditions climatiques varient peu que cette fidélité doit d'abord être appréciée ; on tiendra compte, en outre, de l'interférence possible des facteurs biotiques, la distribution des espèces dépendant des variations de l'intensité de la concurrence vitale qui ne sont pas nécessairement parallèles à celles des propriétés sur lesquelles se porte l'attention.

La distinction entre les plantes indicatrices est d'autant plus grande que leur spécialisation est plus étroite. C'est dans les limites d'un domaine où les conditions climatiques varient peu que cette fidélité doit d'abord être appréciée ; on tiendra compte, en outre, de l'interférence possible des facteurs biotiques, la distribution des espèces dépendant des variations de l'intensité de la concurrence vitale qui ne sont pas nécessairement parallèles à celles des propriétés sur lesquelles se porte l'attention.

La distinction entre les plantes indicatrices d'une propriété pouvant être considérée isolément et plantes indicatrices d'un état résultant de la convergence d'actions multiples est subordonnée aux moyens d'investigation dont dispose l'observateur : elle ne saurait donc être absolue. Encore, ignore-t-on souvent si la distribution particulière de telle espèce est liée à des exigences qui lui sont propres ou le fait d'une simple tolérance ; elle peut d'ailleurs résulter de la conjonction d'une exigence très précise et d'une tolérance très large vis-à-vis de certains facteurs, sans qu'il soit aisé de faire la part de l'une et de l'autre. Ainsi, les genres **Rhizophora** et **Avicennia** caractérisent la mangrove, formation normalement associée aux vases salifères instables des deltas largement pénétrés par les eaux marines ; mais ils sont représentés sur les berges de l'Amazone dans des secteurs où les eaux sont entièrement douces et il arrive qu'en Nouvelle-Calédonie on les trouve sur des récifs coralliens frangeants.

Dans le Sud-Ouest de Madagascar, **Salvadora angustifolia** semble lié à des sols salés, périodiquement engorgés ; dans d'autres secteurs de l'île, on le trouve cependant sur des calcaires fissurés très secs. Est-ce un arbre de station sèche pouvant tolérer en présence de sel un excès d'humidité ? ou, bien que morphologiquement identique, le **Salvadora** des zones salées est-il physiologiquement distinct du **Salvadora** des calcaires ?

Au groupe des plantes indicatrices d'une propriété limitée à un élément particulier du milieu édaphique se rattachent les espèces halophiles, plus ou moins étroitement spécialisées (adaptation à différents degrés de salure, à des sols de texture plus ou moins argileuse...) et les espèces normalement associées aux milieux riches en minéraux toxiques (métallophiles et eumétallophytes de DUVIGNEAUD, 1959). A ce groupe se rattachent également des espèces que, cependant, du fait qu'on les observe dans des milieux très divers, on serait tenté de qualifier d'ubiquistes, leur présence étant significative de l'intervention sur l'ensemble d'un domaine aux aspects variés d'un certain facteur climatique ou pétrographique. C'est le cas en Nouvelle-Calédonie de **Melaleuca leucadendron**.

Le **Melaleuca** ou « Niaouli » est une Myrtacée leptospermée qui croît normalement en arrière-mangrove, c'est-à-dire sur des sols humides, compactes, plus ou moins salés, où ses dimensions sont celles d'un assez grand arbre. Dans le cadre néo-calédonien, le Niaouli ne se cantonne pas cependant dans les secteurs sublittoraux : il est commun dans les zones de piémont, quel qu'en soit le substrat pétrographique ; il s'élève sur les pentes des massifs schisto-gréseux ou métamorphiques jusqu'à 800 ou 1 000 mètres, qu'elles soient ou non fortement arrosées ; il s'observe, plus rarement, sur les terrains péridotitiques, colonisant les dépressions à large fond et certains replats mal drainés... On le trouve sur des alluvions limono-argileuses, sur des sols ferrallitiques ou ferrugineux lessivés,

sur des sols érodés, de faible profondeur, où il prend toutefois un aspect rabougri ; mais, généralement, il est possible de déceler sous peuplement de Niaoulis un horizon de gley ou de pseudogley plus ou moins développé ou en voie de formation. D'après TERCINIER (1962), une liaison pourrait exister entre cet ubiquisme du **Melaleuca**, qui est assez particulier à la Nouvelle-Calédonie, et l'importance relativement grande de l'ion sodium, agent de dispersion bien connu, dans le complexe échangeable de beaucoup de sols du territoire, jointe au fait que les phénomènes de lessivage, sous la dépendance des facteurs climatiques, constituent un des aspects majeurs de la pédogénèse néo-calédonienne. En outre, la matière organique, plus ou moins toxique, formée à partir de la litière de **Melaleuca**, plante riche en huiles essentielles, est susceptible de provoquer ou d'accélérer les processus de gleyfication, l'espèce par sa seule présence induisant la formation du milieu auquel elle est préadaptée. Il convient d'ajouter que le **Melaleuca** est une plante anémochore colonisant rapidement les terrains découverts et pouvant, en raison de sa résistance au feu, s'y établir solidement.

Davantage encore qu'aux plantes indicatrices au sens strict, agronomes et forestiers s'intéressent aux espèces ou groupements dont la présence témoigne de la réalisation d'un ensemble de conditions considéré du point de vue pratique comme favorable ou défavorable à la végétation artificielle de substitution.

S'agissant de l'estimation du degré de fertilité d'une terre, les groupements secondaires seront en général de meilleurs indicateurs que les groupements climaciques qui tendent à vivre sur leur propre fonds, s'alimentant à un courant d'échange où les éléments de réserve n'entrent que pour une faible part. La végétation climacique renseigne sur la fertilité actuelle, souvent bien fugace ; la végétation secondaire renseigne sur la fertilité actuelle en même temps que, considérée dans ses états successifs, sur la fertilité potentielle dans les conditions naturelles ; mais seule, l'étude pédologique directe des conditions édaphiques peut renseigner sur la fertilité susceptible d'être développée par l'application de technique de culture intensive.

Quelques exemples illustreront ces remarques :

Sur les plateaux basaltiques du Viet-Nam méridional, la formation climacique normalement associée aux terres bien drainées est une forêt dense sempervirente ou semi-caducifoliée, de caractère assez uniforme, quelles que soient les ressources réelles du milieu. Sa destruction entraîne l'apparition d'une végétation cicatricielle humicole, en elle-même peu significative. Ultérieurement, à supposer que l'homme poursuive ses interventions, s'établissent des groupements graminéens dont la composition varie avec la classe de fertilité : les terres riches sont colonisées par **Sorghum affine**, remplacé par **Imperata cylindrica** sur les terres de fertilité moyenne ; sur terres pauvres, **Themeda arundina cea** ne tarde pas à se substituer à **Imperata** ; enfin, si l'appauvrissement du sol est extrême, la savane à **Themeda** fait place à la pelouse à **Aristida cumingiana**.

En Nouvelle Calédonie, la plupart des plantes que l'on peut considérer comme des indicatrices valables du niveau de fertilité sont exotiques ou d'introduction relativement récente. **Leucaena leucocephala** s'observe sur sols chimiquement riches mais physiquement médiocres manque de profondeur ; ses exigences en potassium seraient assez élevées. **Ocimum gratissimum** se localise sur des sols de fertilité moyenne, bien équilibrée, **Lantana camara** sur des sols de fertilité moyenne pouvant présenter certaines déficiences. **Miscanthus japonicus** colonise sur les pentes des sols régénérés par l'érosion, néanmoins assez profonds : sa présence serait un indice plutôt favorable (alors qu'au Viet-Nam il est associé généralement à des terres trop lessivées ou trop humides). **Chrysopogon aciculatus** croît sur des sols de fertilité très basse et **Aristida neo-caledonica** ne se trouve que sur des sols pratiquement incultivables... Observons que beaucoup de ces plantes ne sont pas seulement des témoins mais jouent un rôle actif dans l'évolution de la fertilité : ainsi **Leucaena** et **Lantana**, sur sols de profondeur moyenne, sont nettement améliorantes.

Dans la partie Est de Madagascar, domaine de la forêt sempervirente, les défrichements entraînent l'apparition de formations secondaires pauvres en espèces où, dans certains cas, dominent des bambous, dans d'autres cas, une Musacée, **Ravenala madagascariensis**. Cette végétation, attaquée elle-même par les feux ou à nouveau abattue par l'homme, finit par céder la place à une savane à **Hyparrhenia rufa** qui colonise des sols encore relativement fertiles. Ce stade est souvent fugace. Sous l'effet des feux et de l'érosion, l'appauvrissement de l'horizon superficiel, qui contient toutes les substances utiles est continu. La savane à **Hyparrhenia** cède la place à une savane à **Imperata**

cylindrica. Au terme de la dégradation, le sol est occupé par une steppe très ouverte à **Aristida similis**, l'érosion en nappe ayant totalement décapé l'horizon superficiel.

Sur les hauts plateaux, la forêt sempervirente d'altitude est remplacée dans sa régression par une formation à Ericacées (**Philippia**). Cette formation qui est climacique en haute altitude (plus de 2 000 m) présente une certaine stabilité aux altitudes plus basses, car, un peu à l'instar de **Meialeuca leucodendron** en Nouvelle-Calédonie, elle crée un milieu défavorable aux autres plantes (vraisemblablement par la libération d'ions toxiques, manganèse ou aluminium); elle finit, cependant, par disparaître sous l'action des feux laissant la place à une steppe à **Aristida**. Parfois la transition entre forêt et steppe à **Aristida** est brutale. Sur des sols ferrallitiques très pauvres, dans des zones où la saison sèche est bien marquée, on observe seulement un stade intermédiaire à **Pteridium aquilinum** (fougère aigle) qui forme souvent une ceinture étroite autour des îlots forestiers. Une couche humifère est encore présente sous le **Pteridium**. Elle est totalement absente ou très réduite sous les **Aristida** qui s'installent immédiatement après lui.

S'il est exact que dans la majorité des cas la steppe à **Aristida** se trouve associée à des sols érodés, difficilement utilisables, il peut se faire cependant que, croissant alors en peuplement dense, l'**Aristida** s'observe sur des sols d'une certaine valeur agricole (sols profondément meubles, bien couverts par la végétation et protégés contre l'érosion sur les alluvions anciennes entourant le lac Alaotra) : la composition qualitative de la végétation n'est donc pas seule en cause, et du point de vue quantitatif, son aspect, sa vigueur sont aussi à considérer.

La même observation peut être faite à propos de **Imperata cylindrica** qui sera maigre et clair-semé sur sols pauvres, pierreux, peu profonds, où les rhizomes se développent difficilement, mais indiquera de bons sols meubles si sa pousse est très vigoureuse.

En Tunisie, sous climat méditerranéen semi-aride, la végétation climacique serait d'après LONG (1954) une forêt de genévriers (**Juniperus phoenicea**). Cet auteur a mis en évidence l'existence de séries régressives traduisant une dégradation progressive du complexe sol-végétation. Sur les plateaux gréseux, la forêt climacique est remplacée successivement par une lande à romarin, alfa, armoise champêtre, par une steppe à armoise champêtre et plantain blanchâtre, enfin par une steppe très ouverte à **Stipa parviflora**. En plaine, la forêt climacique a, dans les temps historiques, été défrichée et remplacée par des cultures qui, laissées à l'abandon, ont fait place à un scrub à jujubier puis à une steppe très ouverte à **Stipa parviflora**.

8.4. - Végétation et aménagements.

La meilleure connaissance que l'étude de la végétation nous donne du milieu édaphique facilite la détermination de ce que, dans le plan d'aménagement d'une région, on appellera « la vocation des terres ». Toutefois, comme cela a déjà été souligné, la présence de tel ou tel groupement ne renseigne généralement que de manière vague sur les facteurs responsables de la situation qu'elle a permis de déceler, l'analyse pédologique constituant la seule voie d'information vraiment sûre quand il s'agit de confirmer une possibilité ou de proposer un remède.

A Madagascar, RIQUIER et BOSSER (1953-1954) ont mis au point un système de cartographie d'utilisation des terres associant les données pédologiques et botaniques. Les caractères des types de sols sont synthétisés par une fraction comme dans le système américain d'aménagement des terres; la végétation est surimposée à l'aide de signes conventionnels. Les différentes classes d'utilisation sont représentées par une couleur. Ces cartes ont été dressées pour des zones où la végétation se compose principalement de savanes ou pseudo-steppes et prairies basses marécageuses, la forêt climacique ayant totalement disparu.

La mise en valeur d'une région s'effectue, soit par l'exploitation des ressources naturelles, sans élimination de la flore existante, soit par la substitution aux groupements indigènes de groupements exotiques.

Pour l'aménagement d'un territoire assez vaste, ces deux voies seront suivies simultanément, la première surtout par les forestiers et les éleveurs, la seconde surtout par les agronomes, l'impor-

tance de cette dernière tendant généralement à croître avec les progrès de l'expérimentation et le perfectionnement des techniques mises en œuvre.

Le rôle de la végétation naturelle, climacique ou secondaire, considérée dans ses rapports avec le milieu édaphique, à la fois comme source d'information et comme instrument de production, sera examiné successivement dans les cadres des trois formes classiques d'aménagement, agricole, pastoral et forestier.

8.4.1. Végétation naturelle et aménagement agricole.

Dans les régions où la culture itinérante est encore pratiquée, c'est la réapparition sur les friches d'un certain type de groupement qui renseigne le paysan sur le degré de reconstitution de la fertilité : il s'agit alors d'une fertilité actuelle répondant pour un petit nombre d'années aux exigences d'une culture ou d'une succession de cultures bien déterminées.

Il est exceptionnel que le groupement témoin soit un groupement climacique, la lenteur de la reconstitution d'un tel groupement n'étant pas la seule en cause. Là où un équilibre relatif s'est instauré entre la densité du peuplement humain et le potentiel de production de l'ensemble des terres, la végétation climacique se trouve presque entièrement reléguée aux surfaces où toute culture est impraticable (pentes excessives, dépressions trop humides...), son extension étant souvent particulièrement réduite dans les régions pauvres et de ce fait peu peuplées. Lorsque le potentiel de production est supérieur aux besoins de la population, les formations climaciques sont en partie respectées, là même où les conditions édaphiques paraissent favorables ; en effet, la fertilité développée sous leur couvert répond souvent mal aux exigences de la culture traditionnelle et, consécutivement à leur destruction, des transformations brutales, difficilement contrôlables se produisent dans les horizons supérieurs du sol, le milieu ne se stabilisant qu'au terme de plusieurs cycles d'opérations culturales. Ajoutons que le travail nécessaire pour défricher une grosse forêt peut apparaître hors de proportion avec le bénéfice qu'on en attend.

La reconstitution de la fertilité actuelle ne progresse pas de manière uniforme. Elle est normalement plus rapide sous couverture herbacée ; mais l'installation d'espèces ligneuses à enracinement profond rend seuls possibles dans certains cas les emprunts au sous-sol nécessaires parfois à la restauration convenable de la productivité. L'expérience du paysan lui permet d'intervenir au moment le plus favorable, sa décision se fondant sur une connaissance exacte des exigences des espèces qu'il se propose de cultiver et sur des considérations de rentabilité, ainsi qu'on peut en juger par les exemples suivants :

Les populations des Hauts-Plateaux du Viet-Nam ont comme celles des deltas une alimentation à base de riz, céréale qui en culture dite « sèche » se révèle assez exigeante.

Sur les plateaux basaltiques, dans le cas des sols peu ou moyennement ferrallitisés, la terre demeure productive sous rizière pendant 2 à 3 ans et la fertilité se régénère convenablement en 3 ou 4 ans sous groupement dense, presque monospécifique, de *Eupatorium odoratum*. A supposer que le paysan tarde à reprendre la culture, le groupement d'Eupatoire cède la place à une formation arbustive de transition (hallier). La fertilité continue cependant à augmenter, plus lentement toutefois. Les rizières établies sur défrichements de halliers de 10 à 15 ans d'âge restent productives pendant 4 ou 5 ans, le rendement en grain étant plus élevé en deuxième année qu'en première année de culture. La reconstitution de la forêt climacique, quand elle est possible, est toujours très tardive et s'accompagne, en ce qui concerne la riziculture, d'une régression de la fertilité sous Eupatoire se fait mal, le dynamisme de cette Composée étant d'ailleurs réduit dans ces conditions et la savane à *Themeda* tendant à s'établir. Le riziculteur n'obtient alors de résultats satisfaisants qu'en zone de halliers, ses techniques de défrichement devant viser à assurer la régénération de la végétation arbustive sitôt l'abandon du champ (conservation des souches, maintien de rideaux d'arbres protecteurs). Dans le cas des sols fortement ferrallitisés, la destruction de la forêt climacique ou du hallier (il s'agit de groupements sempervirents) entraîne une régression irréversible de la fertilité, la végétation de substitution pouvant être dans un premier stade une savane à *Themeda* ou à *Arundinella*, plus ou moins longévive et faisant place sous l'effet des feux à une pelouse à *Aristida*. Le paysan doit alors renoncer à la riziculture sèche et aménager des rizières de bas-fonds. La mise en valeur

de telles terres sous cultures d'arbustes peu exigeants et à enracinement profond demeure néanmoins concevable (faible capacité d'échange, réserves très basses, mais propriétés physique conve- nables).

Dans les régions schisto-gréseuses où prédominent les sols ferrallitiques lessivés, la culture du riz n'est possible que sur défrichements de halliers. Encore n'est-elle jamais reprise deux années de suite sur le même terrain et les rendements sont-ils inférieurs de plus du tiers à ceux obtenus sur les terres basaltiques dans les meilleures conditions. Les sols les plus évolués, sous lande à **Glei- chenia**, sont difficilement améliorables, même par l'application d'amendements massifs, en raison de leurs mauvaises propriétés physiques.

PORTERES (1959) signale qu'en Casamance les terres lourdes que l'on trouve sous forêt sèche à **Daniella oliveri** ne conviennent pas à la culture de l'arachide. Après défrichage, on cultive du sorgho en travaillant le sol à la houe au maximum de manière à le rendre plus léger. Au cours des premières années, les friches intersaisonnières sont envahies par **Pennisetum polystachyum** ; ulté- rieurement, l'apparition de **Brachiara deflexa** signifie que le milieu a été suffisamment transformé pour que la culture de l'arachide devienne possible. Sans doute, le travail intense du sol a-t-il entraîné une certaine détérioration du milieu primitif ; mais le profil obtenu d'un hectare d'arachide est de 5 à 8 fois supérieur à celui obtenu d'un hectare de sorgho.

A l'instar de **B. deflexa**, bien des espèces ou groupements spontanés témoignent de l'existence de conditions favorables à telle ou telle culture, sans être à proprement parler des indicateurs de fertilité ou de pauvreté. Au Viet-Nam, les alluvions sous savane herbeuse à **Saccharum** sauvages ou **Sclerostachya** sont propices à la culture de la canne à sucre ; en Côte-d'Ivoire, les terres convenant le mieux à l'Hévéaculture se trouvent en zone littorale sous les formations graminéennes ; en Nou- velle-Calédonie, **Leucaena leucocephala** et **Coffea arabica** paraissent présenter des exigences assez voisines. La notion de fertilité au sens général du terme tend d'ailleurs à être abandonnée : ce qui importe, c'est la fertilité relative à telle culture, à la mise en application de telle technique culturale.

En zone méditerranéenne, les travaux effectués par EMBERGER et son école rendent possible, par référence aux rapports entre la végétation et les sols qui les portent, un meilleur choix des techniques de mise en valeur agricole.

Ainsi, d'après LONG, en Tunisie, dans le cas des plaines non salées, les sols portant l'association à **Eragrostis papposa**, **Zizyphus latus**, **Artemisia campestris**, conviennent à l'arboriculture (amandiers, oliviers, abricotiers) ou au pâturage ; les sols portant l'association à **Plantago hagopus** et **Silybyum eburneum** conviennent à la culture des céréales mais seraient mieux utilisés sous irrigation ; les sols portant l'association à **Aristida pungens** et **Rumex tingitanus var. lacerus** peuvent être plantés en cactus, fourrage de disette.

Dans les plaines salées ou Sebkhass, les sols sous association à **Arthrocnemum glaucum** et **Halocnemum strabillaceum** sont inutilisables ; mais là où croît l'association à **Salsola vermiculata var. villosa**, certains arbres fruitiers peuvent pousser (figuiers, amandiers).

8.4.2. Végétation naturelle et aménagement pastoral.

En zone intertropicale, l'élevage est conduit presque partout sur le mode extensif et c'est essentiellement la végétation naturelle qui pourvoie à la subsistance des animaux.

Dans les régions humides où le climat est normalement forestier, la prairie est le plus souvent une formation de substitution entretenue par les feux. Dans les régions sèches, la physionomie des pâturages est plus proche de celle de la couverture primitive ; le passage des feux ou des surcharges locales en bétail peuvent cependant modifier la flore de manière assez profonde, entraînant une réduction de la valeur du pâturage, voire sa destruction en tant que facteur de production. C'est ce qui se passe à Madagascar, lorsque le couvert végétal se dégrade, à partir de groupements à **Hypar- rhenia rufa** et **Heteropogon contortus**, qui constituent de bons pâturages, pour aboutir à des groupe- ments clairsemés à **Aristida rufescens** et **A. Similis** qui n'ont plus aucune valeur fourragère. Le rôle protecteur de ces derniers groupements vis-à-vis de l'érosion est en outre très insuffisant.

L'appauvrissement du sol résultant d'une mauvaise conduite de l'élevage se traduit par l'apparition d'espèces acidiphiles ou oligotrophes, s'installent plus facilement quand elles sont refusées par les animaux (certaines légumineuses) ou, sur terres argileuses, d'espèces adaptées à de mauvaises conditions de drainage en surface (Cypéracées). La productivité quantitativement et qualitativement diminue. De simples apports d'engrais minéraux, de phosphates calciques en particulier et de certains oligo-éléments (molybdène, cobalt...), peuvent donner d'excellents résultats, soit en favorisant l'extension des espèces utiles, soit en améliorant leurs qualités fourragères, beaucoup de graminées, tout en présentant un développement normal sur des terres relativement pauvres, ne fournissant aux animaux une alimentation convenable que lorsqu'elles croissent sur des terres chimiquement bien pourvues (cas de **Stenotaphrum dimidiatum** en Nouvelle-Calédonie).

L'installation de la prairie en zone forestière sur des sols très évolués, dépourvus de réserves, est peu souhaitable, surtout si la nappe phréatique se situe à grande profondeur. Sur les sols jeunes et riches, l'exploitation herbagère donnera par contre des résultats d'autant plus satisfaisants que le climat sera plus humide, c'est-à-dire plus favorable à la forêt dans les conditions naturelles (Nouvelle-Hébrides).

Sur les terres lourdes, le piétinement des animaux dégrade la structure : la prairie de fauche doit être alors préférée au pâturage.

D'une manière générale, pour la création de pâturages permanents, on recherchera les espèces à enracinement profond (1) et, dans les cas les moins favorables, on sera amené à envisager l'utilisation d'espèces arbustives (**Leucaena**).

Rappelons que la prairie ne constitue souvent qu'un stade transitoire dans l'évolution de la couverture végétale : laissée à elle-même, elle est, dans la plupart des cas, progressivement envahie par des espèces ligneuses ; fréquemment brûlée ou surpâturée, elle se transforme en une pelouse clairsemée ou une steppe improductive. Les techniques à appliquer pour maintenir la productivité des pâturages à un niveau convenable varient avec le milieu et une expérimentation est nécessaire. Ces techniques consistent essentiellement en rotations des parcelles pâturées, en multiplication des points d'eau, pour éviter le piétinement excessif de certaines zones et, si les conditions économiques le permettent, en apports d'engrais minéraux.

8.4.3. Végétation naturelle et foresterie.

Toute politique forestière intéressant une région assez vaste s'ordonne autour de trois objectifs principaux, productivité, protection contre l'érosion et alimentation convenable des rivières, conservation de la flore et de la faune à des fins scientifiques ou touristiques, tel ou tel de ces objectifs pouvant apparaître prioritaires, suivant les conditions naturelles et suivant les impératifs économiques propres au territoire considéré.

En matière de productivité à mettre en œuvre se rapprochent de celles dont les agronomes préconisent l'utilisation. La rentabilité de la production forestière par unité de surface mise en valeur étant normalement plus basse que celle de la production agricole, le forestier est amené cependant à davantage tenir compte des équilibres que se trouvent réalisés naturellement, toute transformation profonde du milieu nécessitant des aménagements coûteux.

Lorsque l'exploitation porte sur la forêt naturelle, des précautions particulières doivent être prises partout où le sol est profond, pauvre et très différencié en surface : une ouverture trop large dans le couvert entraînera une dégradation locale du milieu édaphique rendant difficile l'installation des semis auxquels un éclairage intense d'ailleurs ne convient généralement pas ; la compaction du sol par les travaux de débardage pourra nuire également à la régénération du peuplement, les risques étant accrus si le relief est accentué.

(1) Aux Nouvelles-Hébrides, l'introduction dans les prairies, sur terres riches mais lourdes, de **Axonopus compressus**, espèce résistant bien au piétinement et à la dent des animaux mais à enracinement très superficiel, entraîne rapidement la formation d'un pseudogley.

La productivité des forêts denses tropicales est faible ; en outre, dans bien des pays, les conséquences d'un déboisement excessif se révèlent déjà redoutables. On est ainsi amené à effectuer des plantations d'espèces indigènes ou exotiques, les éléments à prendre en considération dans le choix du terrain et dans le choix des essences étant à la fois d'ordre écologique et d'ordre économique et humain.

On a coutume de réserver au forestier les « mauvaises terres ». Il semble que des erreurs soient parfois commises de ce fait, d'une part en raison de l'insuffisance des critères retenus dans l'appréciation de la qualité ou de la vocation d'une terre, d'autre part en raison d'une certaine méconnaissance du rôle de la forêt en matière de protection du milieu et d'hydrologie. En outre, la rentabilité d'une exploitation forestière, même sur des terres relativement riches, peut, dans un certain contexte économique et humain, se révéler nettement supérieure à celle d'une exploitation agricole ou, surtout, pastorale.

Quels que soient les caractères du milieu édaphique, il existe généralement, à supposer que le climat ne soit pas vraiment excessif, des espèces susceptibles de s'y adapter.

Dans le cas les sols ne pouvant satisfaire aux exigences d'espèces de faible intérêt économique, seules des considérations touchant la lutte contre l'érosion ou l'hydrologie justifieront les travaux de reboisement et, souvent, des dispositions tendant simplement à assurer la sauvegarde de la végétation naturelle ou sa régénération, là où elle a beaucoup souffert, apparaîtront préférables à l'introduction d'espèces exotiques dont le comportement n'est jamais totalement prévisible. C'est surtout dans les secteurs où le relief est très accentué que l'aménagement forestier devra être plus conservateur que transformateur (1).

Sur terrain horizontal ou en pente très douce, lorsque le sol est relativement perméable, il est plus difficile de prévenir l'érosion verticale, ou lessivage, que l'érosion de surface. La présence d'un groupement composé d'espèces à enracinement profond, pouvant tirer des horizons inférieurs les substances minérales et l'eau indispensables, freine l'épuisement chimique par les eaux d'infiltration et peut même inverser le sens des migrations. Dans ces conditions, là où il est difficile de corriger les déficiences du milieu par des apports minéraux effectués régulièrement, soit pour les raisons d'ordre économique, soit pour des raisons d'ordre pédologique (faible capacité de rétention ou pouvoir rétrogradeur trop élevé du complexe d'échange), la forêt constitue le moyen de mise en valeur le plus sûr. Dans les régions dont les ressources en eau sont limitées, il faut néanmoins prendre garde au fait que les arbres, les feuillus surtout, sont de gros consommateurs d'eau, le remplacement par la forêts d'une végétation basse à enracinement superficiel pouvant entraîner des pertes correspondant à plus de 500 mm de précipitations annuelles.

Lorsque l'épaisseur des horizons affectés par les phénomènes de lessivage est trop grande pour que les arbres puissent accéder aux réserves minérales concentrées dans les couches profondes ou lorsque le sous-sol est lui-même très pauvre, le forestier se contentera généralement de mesures conservatoires. Dans le cas où les propriétés de l'horizon supérieur seraient telles que leur fertilité puisse être maintenue à un niveau convenable par des interventions qui ne soient pas trop coûteuses, il pourrait céder la place à l'agronome.

Les sols qui, à l'inverse de ceux dont il vient d'être question, sont chimiquement riches mais présentent des propriétés physiques défavorables (forte pierrosité, compacité...) sont également à réserver aux spéculations forestières (1). Les essences intéressantes à planter sur des sols de ce type sont toutefois peu nombreuses et, les arbres une fois en place, il faut veiller aux variations du comportement des individus avec l'âge.

(1) Les agronomes reprochent volontiers aux forestiers d'être trop conservateurs. Ainsi, dans un territoire où la culture itinérante constitue le principal moyen d'existence de la population, la création de vastes réserves, qui en réduisant l'espace agricole oblige le paysan à réduire le temps de jachère, peut constituer une mesure dangereuse. Toute décision de mise en défens doit s'accompagner de mesures visant à améliorer par la mise en œuvre de techniques nouvelles la productivité des terres laissées à la disposition du cultivateur.

(2) Observons cependant que les techniques de culture primitives ou, tout au moins, basées sur l'utilisation d'une main-d'œuvre nombreuse, à la différence des techniques modernes modernes basées sur une mécanisation intensive, permettent souvent de tirer un excellent parti de tels sols.

Ainsi, en Haute-Cochinchine, sur sols ferrallitiques pierreux, généralement à mauvais drainage, **Tectona grandis** a au début une croissance très rapide ; ultérieurement, il souffre du manque de profondeur du sol et de sa tendance à l'engorgement en saison humide. Etant donné que le ralentissement de la croissance n'est pas dû à l'épuisement des réserves, on peut envisager une réduction de la périodicité des coupes, le problème étant alors celui de la commercialisation de bois de faibles dimensions.

Un bon exemple du bénéfique que l'on peut retirer de l'introduction d'espèces exotiques nous est offert par les plantations d'Eucalyptus sur les sols ferrallitiques très pauvres des Hauts-Plateaux malgaches : ces plantations satisfont maintenant aux besoins essentiels de la population locale en matière de produits forestiers et leur mise en exploitation a rendu possible la sauvegarde au moins partielle des vestiges de la forêt naturelle.

8.5. - Conclusion.

On s'est efforcé dans ce chapitre de montrer l'intérêt présenté par la connaissance des relations entre la végétation et le milieu édaphique et de dégager quelques-unes des perspectives suivant lesquelles les recherches dans ce domaine pourraient s'orienter. L'examen des méthodes d'étude n'a pas été abordé : elles peuvent varier suivant les moyens et les objectifs, sans que leur disparité traduise sur le fond une différence essentielle de conception.

Il faut cependant rappeler, en conclusion, qu'on ne saurait bien interpréter les rapports entre la végétation et les sols en se plaçant exclusivement au point de vue du pédologue ou au point de vue du botaniste, ces rapports étant conditionnés par l'ensemble des facteurs écologiques et se modifiant à la suite de changements pouvant affecter indépendamment, dans l'espace ou dans le temps, le milieu édaphique ou la flore.

Il est certain qu'une connaissance approfondie du milieu est nécessaire pour bien comprendre les liaisons entre la végétation et les sols. Sachant qu'elle est un témoin sûr des conditions écologiques, on peut se référer aux caractères de la végétation pour préconiser une utilisation préférentielle des terres ; mais si la chose est déjà concevable en région méditerranéenne, pays de vieux peuplement, aux associations de flore bien connue et de structure relativement simple, il faut encore se garder d'extrapolations hasardeuses dans les régions tropicales où l'insuffisance de nos connaissances, tant sur les climats et les sols que sur les groupements végétaux, rend particulièrement souhaitable la poursuite, dans le domaine de l'Ecologie au sens large, de recherches qui seront certainement très fructueuses.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Secrétariat d'État aux Affaires Étrangères

techniques rurales en afrique

10

pédologie et développement

B. D. P. A.

O. R. S. T. O. M.

1970

techniques rurales en afrique

10

pédologie et développement

A la demande du Secrétariat d'Etat
et pour faciliter la tâche des ingénieurs travaillant en Afrique

Ce document a été établi par un groupe de travail
auquel ont collaboré,

l'Office de la Recherche Scientifique et Technique
Outre-mer,

le Bureau pour le Développement de la Promotion
de l'Agriculture.

