

CONSERVATION ET AMÉLIORATION DE LA FERTILITÉ

Jean Boyer *

I - CARACTERES GENERAUX DES SOLS DES REGIONS TROPICALES PAR RAPPORT AUX SOLS TEMPERES

Caractéristiques physiques

La **profondeur** des sols est en général importante et on trouve beaucoup plus rarement qu'en pays tempérés des sols dignes de ce nom ayant 20 à 30 cm de profondeur alors qu'ils sont fréquents parmi les rendzines ou de nombreux sols bruns lessivés ; lorsqu'ils existent sous les tropiques, ils ne sont guère utilisables rationnellement que pour le pâturage extensif. Beaucoup plus souvent, on trouve couramment au moins 1 à 2 mètres en zone sub-aride et des profondeurs énormes 10, 20, 30 mètres sous climat humide (sols ferrallitiques le plus souvent).

Ceci ne veut pas dire que toute cette épaisseur soit toujours facilement disponible pour les racines. Divers accidents peuvent limiter le sol utile horizons B très accusés des sols ferrugineux tropicaux et des solonetz ou ceux plus discrets des sols ferrallitiques, nappes de gravats, parfois carapaces

ou cuirasses, ou encore hydromorphie de nappe proche.

On retrouvera la même séparation pour les **structures**, fragiles et mal développées en zone semi-aride, beaucoup plus résistantes grâce au fer et à la matière organique en zone humide. En général les types de structures de beaucoup les plus répandus sont assez favorables à l'agriculture.

Là aussi il faut mettre à part les sols à montmorillonite, vertisols et bruns entrophes surtout, où cette argile est en proportion telle (au moins 30 % de la fraction 0 - 2 microns) que le sol en acquiert des propriétés particulières : il s'agit, en effet, d'une argile gonflante, d'où une mobilité des éléments structuraux du sol les uns par rapport aux autres (d'où le nom de vertisol, du latin vertere tourner, retourner), un micro-relief de surface qui parfois est gênant (relief gilgai) et surtout une structure en blocs la dureté de ces sols à l'état sec, leur plasticité à l'état humide les rendent difficiles à travailler. Très peu mis en valeur en zones sèches, ils sont utilisés en zone humide de préfé-

Ingénieur Agronome I.N.A., Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M., 72 route d'Aulnay, 93140 Bondy

rence pour le riz et la canne à sucre, plantes peu sensibles aux structures grossières ; convenablement cultivés, ils peuvent porter des cultures variées comme sur le plateau du Deccan en Inde.

La **texture** des sols tropicaux n'est généralement pas, par elle-même, un facteur déterminant pour la réussite des cultures. Mais la combinaison des propriétés induites par structure et texture peut être déterminante, en particulier pour la pénétration et la rétention de l'eau et l'installation des racines. Ainsi un sable, par définition poreux, sera très apprécié en pays sec car il absorbera facilement les grosses averses irrégulières, alors qu'une argile, surtout si elle est gonflante, favorisera le ruissellement superficiel en raison d'une perméabilité insuffisante ; ce sable sera moins intéressant en zone humide en raison d'une meilleure régularité des précipitations.

Pour retenir l'eau de pluie en quantité suffisante dans une tranche de sol accessible aux racines, il vaudra mieux que la texture devienne progressivement plus argileuse avec la profondeur.

Une discontinuité pédologique qui fait en profondeur barrage à l'eau d'infiltration - et souvent aussi aux racines - n'est pas toujours une mauvaise chose sous climats secs à pluviosité irrégulière, tout dépend de la profondeur à laquelle elle se développe : située à au moins 50 ou 60 cm, elle fournit aux racines un volume suffisant et retient assez d'eau pour parer aux aléas climatiques. Par contre si elle se trouve vers 20 - 25 cm, les racines, ou seront asphyxiées par un excès d'eau ou souffriront de la sécheresse, ceci sans stade intermédiaire.

Malgré ce qui est exposé ci-dessus, d'une façon générale les propriétés physiques des sols des régions intertropicales sont bonnes en zones humides, parfois très bonnes comme pour les sols ferrallitiques ; elles le sont moins en zones sèches en raison de la fragilité des structures (peu de matière organique), de l'abondance des sols sableux et de la présence de sols très argileux (vertisols, sols bruns entrophes), difficiles à cultiver.

Caractéristiques chimiques

On entend par caractéristiques chimiques des sols tout ce qui concerne les teneurs et la disponibilité des principaux éléments biogènes, azote,

phosphore, potassium, calcium, magnésium, soufre, oligo-éléments (cuivre, zinc, molybdène). On doit évidemment aussi penser aux toxicités éventuellement engendrées par certains éléments comme l'aluminium, le manganèse et surtout le sodium.

En pays tempérés et méditerranéens, on ne prend en compte ces "données" chimiques qu'à un niveau d'appréciation assez bas. On considère en effet, à tort ou à raison, qu'elles peuvent être modifiées à des coûts raisonnables par des apports d'engrais et d'amendements.

Il n'en est pas de même sous les tropiques : les teneurs parfois très basses en ces éléments biogènes, jointes souvent à la faible capacité de rétention du sol pour les cations minéraux ou au contraire à son pouvoir d'insolubilisation (pour le phosphore par exemple) en font un problème de première importance, pas facilement soluble en raison du prix élevé des engrais comparé aux faibles ressources des paysans.

En confirmation de l'importance du facteur "chimique", il faut souligner que le stock d'éléments assimilables du sol est faible en conditions tropicales : ainsi 3 milliéquivalents de bases échangeables par 100 grammes de sol représentent une valeur "moyenne" acceptable en sols ferrallitiques, alors que l'on a facilement 10 à 15 milliéquivalents dans les limons de la région parisienne. On peut atteindre 40 à 80 milliéquivalents et plus dans certains sols enrichis tempérés, sols maraîchers par exemple, alors qu'une douzaine de milliéquivalents caractérisent une fertilité de type exceptionnel en milieu ferrallitique.

Les principales causes d'une pauvreté assez générale des sols tropicaux peuvent être résumées ainsi :

- les pluies souvent brutales et abondantes (y compris en zone dite sèche parce qu'elles sont généralement concentrées sur une courte période de l'année) provoquent alors, par drainage, une élimination continue, appelée lixiviation par les spécialistes, des éléments chimiques indispensables aux plantes. Fort heureusement les racines vont rechercher en profondeur, souvent jusqu'à la roche, ces substances minérales, d'où un certain équilibre entre lixiviation et remontée biologique sous végétation naturelle, principalement forestière. Il va sans dire que si la profondeur du sol dépasse 10 mètres les racines ont de plus en plus de difficulté à accomplir ce rôle ; le corollaire en

est un appauvrissement du sol en bases (calcium, magnésium, potassium).

- la présence de kaolinite comme argile dominante dans beaucoup de sols renforce encore cette pauvreté. C'est, en effet, une argile qui possède une faible capacité d'échange, 5 à 10 milliéquivalents par 100 grammes d'argile, (comparée à celles d'autres argiles comme l'illite - 20 à 30 mé/100 g - ou la montmorillonite - 80 mé/100 g) - et qui donc ne peut retenir ces cations qu'en faible quantité. Les argiles des sols tempérés sont, en général, des mélanges d'illite kaolinite et montmorillonite, d'où une capacité d'échange des colloïdes minéraux nettement plus élevée que pour les sols tropicaux.

- la matière organique, fort heureusement, renforce considérablement cette capacité d'échange en surface (parfois elle en est responsable pour les trois quarts) mais il ne faut pas oublier que les hautes températures jointes à l'humidité, toute l'année en zone équatoriale, pendant la saison des pluies ailleurs, en favorisent une évolution extrêmement rapide. Or la matière organique est la forme de réserve à peu près unique pour l'azote et le soufre, pour beaucoup d'oligo-éléments, pour la moitié (environ) du phosphore, et, comme indiqué précédemment, elle contribue à la rétention des bases.

La rapidité et l'intensité de son recyclage, s'ils favorisent la mise à la disposition de la plante de ces corps, n'en entraînent pas moins un risque d'appauvrissement du sol par lixiviation. Ajoutons que, pour le phosphore, la rétrogradation ou insolubilisation peut soustraire une part importante du phosphore du sol et des engrais aux plantes cultivées.

Naturellement les sols à montmorillonite (vertisols, sols bruns entrophes) ou illite (sols fersiallitiques) font exception ; leur type d'argile, leur richesse chimique tranchent nettement sur les types de sols précédemment mis en cause. Ajoutons qu'ils ne sont pas très fréquents en pays tropicaux ; une exception, l'Inde où l'abondance des basaltes favorise beaucoup la genèse de ces sols dans le Deccan.

Autre type de sol qui tranche sur les sols généralement rencontrés sous les tropiques : les andosols ; leur colloïdes, essentiellement des allophones, retiennent bien les bases et se mélangent avec facilité à une matière organique abondante. Leur richesse chimique est généralement bonne, malgré une certaine désaturation assez fréquente. Aussi y cultive-t-on de préférence des cultures "riches" : bananiers, caféiers, cacaoyers...

II — PRINCIPAUX PROBLEMES POSES PAR LA MISE EN VALEUR DES SOLS SITUES SOUS LES TROPIQUES

Les régions tropicales ont souvent frappé les premiers voyageurs par l'exubérance de leur végétation, signe, pensait-on, d'une très grande fertilité. Très vite l'expérience a montré que les apparences étaient trompeuses : c'est ainsi que, dès le 18ème siècle, l'on estimait à 7 ans la "durée" moyenne d'une plantation de canne à sucre au Brésil (et ceci bien que la canne à sucre ne soit pas une plante spécialement épuisante, comme on le sait actuellement). C'est un fait que le défrichement et la culture brisent un équilibre entre le sol et la végétation. D'où un certain nombre de conséquences que les connaissances récentes en agronomie tropicale permettent maintenant de cerner à peu près.

Baisse de la teneur du sol en matière organique

Le défrichement et une année de culture provoquent une diminution de 25 à 30 % du stock orga-

nique du sol ; une deuxième année de culture diminue encore ce stock de 25 %, ce qui fait qu'en deux ans de culture le sol perd à peu près 40 % de l'humus qu'il possédait sous végétation naturelle. On pourrait penser qu'une décomposition aussi intense de la matière organique se produit essentiellement dans des sols primitivement couverts de forêts ; il n'en est rien, car on a constaté la même intensité de ce phénomène dans les sols couverts de savane "sèche" du Tchad.

Au fur et à mesure que le temps de culture s'allonge, ce taux de dégradation de la matière organique diminue pour atteindre, 10, 7, 5 et même 2 % (selon certains auteurs) par an, ce dernier chiffre restant tout de même supérieur à ce qui se produit en région tempérée. Selon certains travaux, l'humus des sols des savanes soudano-guinéennes (dites savanes "humides") se dégraderait moins vite que ceux des sols sous forêt ou sous savane sèche.

Cette forte diminution de l'humus provoque au départ une forte disponibilité d'azote pour les cultures, disponibilité qui se réduit très nettement par la suite.

Les sols tropicaux étant généralement bien fournis en humus sous végétation naturelle, ce n'est généralement pas tant la diminution du stock organique qui est dangereuse par elle-même que ses conséquences sur d'autres propriétés du sol.

La structure, la porosité, les propriétés hydriques

La matière organique est le principal facteur de l'agrégation en milieu tropical. Il apparaît évident qu'une forte perte de matières organiques retentira sur la formation de ces agrégats, leur taille, leur forme, et leur résistance aux agressions diverses. La porosité, étant liée à la structure, s'affaiblira également, d'où une péjoration des caractéristiques hydriques (perméabilité en particulier).

L'indice I_S d'instabilité structurale de HENIN a permis de chiffrer quelques étapes de cette dégradation de la structure dans les sols de Grimari (R.C.A.).

$I_S = 0,3$ à $0,4$ - savane à imperata (témoin)

$I_S = 0,80$ - valeur normale sous culture de 1 à 3 ans

$I_S = 1,00$ et + - formation d'une croûte de bat-tance et début du ruissellement superficiel

$I_S = 1,9$ à 2 e + - la jachère reprend mal faute d'une porosité suffisante.

Dans les conditions de Grimari - sol ferrallitique sablo-argileux moyennement désaturé cultivé en plantes sarclées - les deux derniers stades se produisent respectivement vers la 3 - 4ème année et la 9ème année de culture.

Bien que l'érosion soit traitée ailleurs, il paraît bon de souligner ici que le glaçage de la surface du sol marque le début du ruissellement, donc des phénomènes érosifs (il est très rare de constater une érosion la première année qui suit le défrichement et ceci quelle que soit la pente).

Diminution des bases échangeables Ca, Mg, K

Les sols des régions tropicales étant en général beaucoup moins bien fournis en bases échangeables que les sols tempérés (une somme de bases échangeables de 6 à 8 mé/100 g de sol est une valeur élevée sous les tropiques et 10 à 12

mé/100 g quelque chose d'exceptionnel), il n'est pas étonnant de constater que la culture provoque une diminution nette et sensible des bases échangeables.

Cette diminution a quatre causes principales :

- Les prélèvements par les récoltes : c'est surtout important pour le potassium.

- Les engrais minéraux, surtout les engrais azotés (ceci affecte surtout Ca et Mg). En fait ces engrais sont surtout employés sur les cultures de rente (bananier, hévéa, palmier à huile, arachide, cotonnier, caféier, cacaoyer, canne à sucre), beaucoup moins sur les cultures vivrières.

- L'érosion par décapage de la couche superficielle du sol, la plus riche.

- La diminution du complexe d'échange du sol et la lixiviation des bases qui suit. La diminution de la teneur en matière organique sous culture peut affecter souvent près de la moitié des sites de fixation, parfois plus. Aussi assiste-t-on souvent à des pertes de 30 à 40 % des bases échangeables pendant les deux premières années de culture. Mal retenus par le sol, les cations sont entraînés en profondeur par les eaux de drainage. Sur sol primitivement forestier, ces pertes sont masquées par l'énorme apport dû aux cendres ; elles n'en existent pas moins.

L'acidification du sol et les toxicités qui lui sont liées

La diminution des bases échangeables dans le sol provoque évidemment une baisse de pH, d'autant plus nette que le pH d'origine est généralement assez bas (entre 4,5 et 6,0 le plus souvent) et le pouvoir tampon des sols faibles.

En elle-même cette acidification ne serait pas très grave, si elle n'avait pour conséquence une apparition d'aluminium échangeable et une augmentation du manganèse assimilable qui atteignent très vite des concentrations toxiques.

En général, ces toxicités commencent à affecter les plantes les plus sensibles (cotonnier-tabac-cacaoyer-igname) vers pH 5,0 - 5,2 (mais elles se produisent à pH 5,5 - 5,8 pour le manganèse seul s'il existe des conditions réductrices dans le sol) ; seules certaines espèces particulièrement résistantes peuvent supporter sans dommages des teneurs élevés d'aluminium échangeable et de manganèse assimilable (théier, hévéa, ananas, diverses graminées fourragères) ; la plupart réagissent par des

baisses de rendement (manioc, palmier à huile, bananier etc...)

Ces toxicités sont fort répandues sous les tropiques : il suffit de citer la catastrophe de la culture mécanisée dans la vallée du Niari (Congo), la maladie du "nanisme jaune" de l'arachide au Sénégal, le dépérissement et la mort des cotonniers à pH 5,0 (Congo, Tchad, Côte d'Ivoire, Brésil), la semi-stérilité du vaste plateau autour de Brasilia etc..., pour se rendre compte qu'il s'agit d'une éventualité toujours à redouter.

Cas des vertisols, des andosols, des sols salins

Tout ce qui précède est surtout valable pour les sols ferrallitiques et les sols ferrugineux tropicaux, sols les plus fréquemment rencontrés sous les tropiques.

Dans les régions affectées par le volcanisme, on rencontre des sols particuliers à allophane, les andosols, qui se prêtent bien à la culture, plantes pérennes surtout, de par leurs bonnes propriétés physiques et une fertilité fort convenable. Les vertisols (et sols vertiques) se développent, eux, sur roches basiques plus en zone sèche qu'en zone humide. Bien fournis en bases, leur principal défaut se réfère à leurs mauvaises propriétés physiques, surtout structurales, ce qui les rend difficiles à travailler ; de ce fait ils sont assez peu cultivés, sauf en Inde.

Quant aux sols salins, le sodium est leur principal handicap. Signalons toutefois la fréquence en zone tropicale sèche des solonetz solodisés que, sauf exception, on n'utilise guère que comme pâturages extensifs.

III — SOLUTIONS RETENUES POUR LA MISE EN VALEUR AGRICOLE DES SOLS TROPICAUX

Ainsi qu'on l'a vu précédemment, diminution de la teneur en matières organiques et perte de bases, suivie d'acidification du sol, sont les deux grandes causes de la diminution de fertilité des sols des tropiques par la culture.

D'où un certain nombre de solutions adoptées pour pallier ces inconvénients.

La culture itinérante

Le principe de la culture itinérante est bien connu : on défriche un mor eau de forêt ou de savane, on y fait quelques cultures, puis on va défricher ailleurs laissant la jachère, - forestière ou herbacée -, prendre la place des cultures.

La valeur du système repose sur le rapport entre durée des cultures et durée des jachères : une année de culture et une trentaine d'années de jachère forestière, comme le font les Indiens de la Guyane, est vraiment un optimum qui rétablit intégralement les caractéristiques de fertilité du sol. C'est sans doute beaucoup, car les agronomes belges estimaient que dans la cuvette centrale du Zaïre, 10 à 12 ans de jachère forestière suffisaient pour à peu près compenser les pertes dûes à 2 à 3 années de culture, mais ils soulignaient qu'il valait mieux ne pas dépasser 2 années de culture pour que le recru forestier reparte vigoureusement.

En savane, on compte qu'il faut une durée de jachère au moins triple de celle des cultures, ce qui pour 4 ans de culture conduit à des jachères d'une douzaine d'années au minimum.

Si l'on respecte ce schéma, on peut restaurer très convenablement - sinon intégralement - la fertilité que les sols possédaient à l'origine sans recours aux engrais minéraux.

Malheureusement les populations locales n'ont pas nécessairement un sens inné des rotations culturales. S'il en existe qui appliquent d'excellents principes de conservation du sol (on a cité plus haut les Indiens de la Guyane, mais on pourrait aussi nommer certaines ethnies d'Afrique), d'autres, plus nombreuses, cultivent la même parcelle jusqu'à épuisement total du sol avant de se décider à aller ailleurs. La jachère met alors très longtemps à s'installer et la restauration de la fertilité se fait mal.

Le système de la jachère, indispensable pour assurer un minimum de subsistance à une part encore importante des peuples qui vivent sous les tropiques, souffre de plusieurs défauts :

- Les immensités apparemment vides - parce que non cultivées - donnent aux hommes le sentiment que la terre est inépuisable, ce qui conduit à un gaspillage effréné du capital "sol" (feux de brousse, surpâturage, sols nus, érosion non con-

trôlée). Il est assez désolant de constater que les colons européens - pourtant issus de populations ultra-conservatrices du sol - ont pratiqué en Amérique et en Afrique une agriculture "minière" tout au moins au début ; et actuellement certains agriculteurs africains ont exactement le même comportement : en s'installant dans la plaine, ils oublient instantanément les excellentes méthodes de conservation de la fertilité qui leur avaient permis de subsister dans leurs montagnes natales.

- Le travail de défrichement, énorme en forêt, plus faible en savane, limite la productivité du cultivateur ; si l'on ajoute à cela le fait qu'il est impossible d'utiliser une machine, même parmi les plus simples, sur un terrain encombré de souches et souvent parsemé de troncs d'arbres, il apparaît évident que cette productivité ne peut être que faible.

- Enfin et surtout la pression démographique pousse à l'extension des surfaces cultivées au détriment des jachères. On a déploré que dans la zone arachidière du Sénégal la durée de la jachère se réduise souvent à un an pour 3 à 4 ans de culture, mais certaines zones du Nigéria, du Cameroun, du Rwanda, du Burundi ne sont guère mieux partagées. Un peu partout le désir d'un niveau de vie plus élevé amène les populations locales à adopter les cultures de rente souvent introduites par les anciens colonisateurs (coton, arachide, caféier, palmier à huile, etc...), ce qui conduit à une nouvelle augmentation des superficies en culture.

Sauf dans certaines régions sous peuplées (Amazonie, centre de l'Afrique, montagnes de l'Asie des moussons), le système de la culture itinérante craque de toutes parts.

Aussi différentes solutions sont-elles apparues, certaines donnent actuellement satisfaction, d'autres demandent encore des perfectionnements et adaptations.

Les cultures pérennes arbustives et arborées

Il s'agit surtout ici des caféiers, cacaoyers, bananiers, citrus, hévéas, palmiers à huile, auxquels on peut ajouter la canne à sucre.

Les plantations pérennes sont établies habituellement sur des défriches forestières et elles reconstituent, somme toute, le microclimat de la forêt qui les a précédées. Même lorsqu'elles sont installées en savane, elles le sont toujours sous des climats assez humides pour que la végétation

naturelle potentielle soit la forêt ; elles restaurent donc, au moins partiellement, un "climax" que l'homme avait détruit.

Une caractéristique importante de la conduite moderne de ces cultures est l'association des arbres et des arbustes avec une plante de couverture, généralement une légumineuse rampante (*Pueraria javanica*, *Stylosantes gracilis*, *Calopogonium* sp. ...), plus rarement dressée (*Leucoena galuca*, *Mimosa invisa*,...). La légumineuse, souvent semée avant la mise en place de la culture principale, couvre complètement le sol tant que l'ombrage fourni par la plantation est insuffisant pour la faire disparaître (cas des hévéas, palmiers à huile, cacaoyers). Ce système, d'abord expérimenté en Asie du Sud-Est, fut transposé sans difficulté en Afrique, mais ne paraît pas avoir atteint complètement l'Amérique latine (le sol reste nu au Brésil entre les rangées de caféiers).

Il a l'énorme avantage de reconstituer complètement le stock organique, malmené lors du défrichement et de la plantation, et de bien conserver la fertilité chimique : ainsi on a constaté en Côte d'Ivoire que le sol portant une palmeraie d'*Elaeis guineensis* âgée de quinze ans avait encore 80 % des bases échangeables originellement présentes sous forêt : la différence correspond à peine aux exportations par les récoltes. On atteint donc un degré de conservation des propriétés du sol, tel qu'il semble possible de continuer indéfiniment la culture, à quelques restitutions minérales près (P, S, K, Ca, Mg), au demeurant assez faibles. En augmentant ces fumures, on peut très sérieusement augmenter le potentiel de fertilité des sols.

Généralement le bananier est planté sans plante de couverture, mais l'ombrage qu'il développe (très vite) suffit amplement. Plante de haut rapport, s'il est cultivé industriellement, le bananier reçoit généralement des fumures et des amendements abondants, d'où des améliorations spectaculaires de fertilité comme en Côte d'Ivoire où des tourbières infertiles furent transformées en bananeraies hautement productives.

La canne à sucre est souvent cultivée dans des régions plus sèches que celles qui conviennent aux cultures précédentes : établie pour 5 à 6 ans (une récolte tous les 18 à 24 mois), elle se succède à elle-même. Elle fournit au sol une abondante matière organique mais lui extrait de nombreux éléments minéraux. Une grande partie de ceux-ci se retrouve dans les "vinasses" ; actuellement on

étudie activement la possibilité de les restituer au sol (Antilles, Brésil), ce qui économiserait d'autant les fumures minérales.

Une variante du système de culture du caféier et du cacaoyer consiste à débarrasser la forêt du sous-bois, et parfois à éclaircir légèrement la haute frondaison, pour y installer ces arbustes ; cela se pratique en particulier dans les plantations indigènes de Côte d'Ivoire. Les rendements sont assez nettement inférieurs à ceux des plantations dites industrielles, mais la conservation du sol et de sa fertilité est parfaitement assurée.

La riziculture irriguée

La technique de la rizière est connue depuis la plus haute antiquité. Originaires d'Extrême Orient, elle s'est répandue à Madagascar, sur le pourtour du Bassin Méditerranéen, et en Amérique (U.S.A., Brésil). Elle mord assez difficilement en Afrique noire.

L'établissement d'une rizière perturbe considérablement le sol (planage, inondation permanente ou semi-permanente), mais on aboutit assez vite à un système stable, en définitive bien conservateur de la fertilité si on prend soin d'effectuer des restitutions minérales correspondant aux exportations par les récoltes.

Notons tout de suite que la rizière n'est pas le seul moyen d'obtenir du riz ; on peut aussi faire du riz pluvial qui se cultive à peu près comme le blé en Europe. Contrairement à une légende tenace, le riz pluvial ne favorise pas plus l'érosion qu'une autre culture (maïs, arachide, haricots,...). Et il n'est pas, non plus, spécialement épuisant pour le sol.

Les rendements sont généralement inférieurs à ceux de la rizière.

Les cultures annuelles

A côté des succès techniques que constituent les plantations pérennes et les rizières, la permanence des cultures annuelles, vivrières ou de rente, sur un même sol représente encore un problème mal résolu, même si parfois les moyens modernes adoptés (tracteurs et charrues) font illusion. Trop souvent au bout de 4, 5, 6 ans il faut laisser le sol revenir à la jachère pour qu'il reconstitue sa fertilité.

On a vu que, si l'on mettait à part l'érosion, la culture continue a deux effets principaux sur le

sol : une diminution rapide de la matière organique et une baisse des bases échangeables, avec pour corrolaire une acidification du sol.

Si l'on part d'un sol couvert de forêt, il est inutile de vouloir conserver sous cultures annuelles successives les teneurs en matière organique du sol forestier : on n'y arrivera pas. Il faut se contenter d'un taux de 30 à 40 ou même 50 % inférieur, ce qui dans la pratique se révèle habituellement suffisant, à condition de l'entretenir par tous les moyens possibles.

En ce qui concerne la matière organique, on a tenté d'y remédier par les engrais verts enfouis. Le système a donné de bons résultats au Sénégal : s'il n'a pas permis une augmentation bien nette de l'humus du sol, il a sensiblement amélioré les propriétés physiques de ces sols sableux en favorisant une structure en "mie de pain", et accru parallèlement la disponibilité des éléments fertilisants, de légères fumures potassique, phosphorique et azotée (cette dernière sur mil seulement) compensant les insuffisances du sol. Malheureusement le sol s'est acidifié au point de rendre parfois la culture de l'arachide impossible à la suite de l'apparition de toxicité aluminique.

Un autre système fut expérimenté avec succès à Bouaké en Côte d'Ivoire : une succession culturale de 4 ans avec cultures vivrières, culture de rente et une année de jachère à Stylosanthes, a permis une conservation intégrale de la fertilité du sol à condition d'enfouir le maximum de volume et de poids de résidus de récolte (d'où l'importance des céréales - maïs, riz - dans la rotation) et sous réserve d'une restitution des exportations minérales (P, K, N).

Malheureusement ce succès ne s'est pas répété sur des sols moins riches qu'à Bouaké : comme au Sénégal, si on peut assurer, par ce moyen un maintien des caractéristiques organiques du sol, on ne peut éviter les pertes de bases (Ca surtout et Mg) et l'acidification progressive qui en est la conséquence.

C'est d'ailleurs la conclusion que l'on peut tirer d'expérimentations faites à Madagascar : toute culture continue nécessite, au moins à terme, des amendements calco-magnésiens, en plus des fumures "normales" N P K S.

Il s'agit ici de conclusions de techniciens de l'agriculture et non pas de paysans. En effet le broyage des résidus de récolte et leur enfouisse-

ment nécessite un matériel agricole et une puissance de traction fort peu répandus dans les exploitations agricoles traditionnelles. De plus si le paysan africain et le "campesino" sud-américain commencent à accepter l'idée de fumure N P K

parce qu'ils en voient l'effet sur les rendements, il est très difficile de leur faire admettre qu'il faut apporter au sol calcium et magnésium à titre préventif, sans répercussion apparente sur le volume des récoltes.

IV — CARACTERES PARTICULIERS DE LA FERTILISATION EN MILIEU TROPICAL

Les quelques lignes qui terminent le paragraphe précédent mettent bien en évidence le hiatus entre les résultats obtenus par les stations de recherches agronomiques et les possibilités du paysan.

Il semble opportun de souligner ici quelques traits de l'agriculture des tropiques, tout au moins en ce qui concerne la fertilisation.

Absence de fumure organique

Il est tout à fait exceptionnel que le paysan des régions tropicales dispose de ce fertilisant de choix qu'est le fumier de ferme grâce auquel l'agriculture d'Europe occidentale a pu subsister et prospérer pendant deux millénaires. Il y a, à cela, deux raisons principales :

Tout d'abord **l'élevage**, lorsqu'il est possible et existe, est nettement séparé de l'agriculture. Souvent pasteurs et agriculteurs appartiennent à des ethnies différentes y compris par la race et la religion. Même lorsque ce problème d'éthnie n'existe pas, comme au Brésil, les exploitations d'élevage ne font pas d'agriculture et réciproquement.

Une deuxième raison est la carence de moyens de transport. Très généralement le paysan d'Afrique noire n'a ni animal de trait ni charrette ; le "campesino" d'Amérique latine, si habituellement il possède un âne, n'a guère comme accessoire qu'un bât qui lui sert à charger - et à surcharger - cet animal. D'où la quasi-impossibilité de faire les transports lourds obligatoires pour la fabrication et l'épandage de fumier ou de compost. Cette carence en moyens de transport explique aussi que le paillage soit si peu répandu.

Paradoxalement la mécanisation, de style moderne avec gros matériel, ne résout en rien le problème. En Amérique latine, les propriétaires des grandes exploitations agricoles - ou leurs gérants - ne sont généralement pas des agriculteurs de tradition, mais des techniciens de l'agriculture doublés

d'économistes : il importe que sol, équipement et capital soient utilisés avec la meilleure, et la plus immédiate, rentabilité possible : et si une culture a trop épuisé le sol, on passe à une autre plus extensive. En Afrique, la mécanisation résulte le plus souvent d'initiatives gouvernementales pour défricher et préparer des parcelles cédées ensuite à des paysans qui y pratiqueront, à la main, leurs cultures habituelles. Il y a superposition mais non intégration.

La solution serait évidemment l'association de l'agriculture et de l'élevage, même sous la forme, très simple, de l'utilisation des surfaces en jachères comme prairies naturelles ou mieux artificielles. Et on sait qu'une végétation de graminées, si elle est bien fournie, restaure, en 3 ou 4 ans, très convenablement la structure et partiellement les caractéristiques chimiques des terres dégradées par quelques années de cultures. Cela pose évidemment des problèmes pratiques (achat de bêtes au départ, clôtures, gardiennage...), mais aussi psychologiques, en Afrique surtout, où beaucoup de paysans devront apprendre à considérer l'animal comme un auxiliaire et une source de revenus digne de recevoir soins et nourriture.

Les quelques cas où l'élevage et l'agriculture coexistent sous les tropiques, par exemple l'Inde ou les savanes d'Afrique occidentale..., ne sont guère encourageants si on se place au point de vue de la fertilité des sols : en Inde, on utilise les bouses des bovins comme combustible, et en Afrique le bétail mange, jusqu'à la dernière brindille, les résidus de récolte sans profit pour le sol. En aucun cas, il ne s'agit d'une symbiose harmonieuse.

Fumures minérales réduites au minimum

Il est évident que, dans la majeure partie des sols des tropiques où la lixiviation est un phénomène toujours à craindre, des fumures minérales massives ne sont généralement pas souhaitables d'un

point de vue purement technique. Mais si on excepte certaines plantations le plus souvent orientées vers l'exportation bananiers, hévéas, palmier à huile, canne à sucre..., c'est plutôt l'inverse que l'on constate, à savoir des fumures minérales réduites au minimum... lorsqu'elles existent.

C'est ainsi que le riz pluvial (dont le mode de culture s'apparente beaucoup à celui du blé) reçoit rarement plus de 50 kg/ha d'azote, ce qui doit paraître ridicule à des céréaliculteurs européens. Les quantités de potasse recommandées peu après 1970 sur cotonnier dans 12 régions d'Afrique francophone où cette culture est pratiquée allaient de doses nulles (5 régions) à un maximum de 50 à 60 unités de K₂O (2 régions). En Côte d'Ivoire, on a préconisé par pied de caféier (*Canephora Robusta*) 40 de N, 30 g de P₂O₅ et 50 g de K₂O (pouvant aller jusqu'à 100 g en sol carencé en potasse) ; la densité maximale à l'hectare de ce caféier étant de 1 000 pieds, l'apport minéral est faible. Et encore s'agit-il dans ces exemples le plus souvent de culture de rente. Les principales plantes vivrières d'Afrique, manioc, mil, sorgho doivent se contenter de l'effet résiduel des fumures appliquées sur la culture de rente les précédant (cotonnier, arachide,...) lorsqu'il y a eu fumure, ce qui est loin d'être toujours le cas.

Il y a plusieurs raisons à ce comportement. L'une d'elles est la présence de variétés rustiques pas toujours très productives mais peu exigeantes. Une autre réside dans le fait que seules les cultures d'exportation dégagent un peu d'argent, tandis que, pour les plantes vivrières, le surplus après auto-consommation familiale, est trop souvent invendable. Mais surtout il faut compter avec l'impécuniosité chronique du paysan individuel qui doit emprunter pour acheter semences et engrais. Si le propriétaire terrien d'Amérique fait très souvent appel aux banques, le petit agriculteur latino-américain ou africain ne peut le faire sans appui gouvernemental.

Il est évident que les hausses de prix continues qui affectent les engrais depuis 1973 ont beaucoup aggravé la situation. Aussi essaie-t-on d'utiliser directement les phosphates naturels locaux moins chers que les superphosphates importés.

On s'efforce également de localiser les engrais à proximité des racines pour diminuer les quantités.

Un peu partout on pousse les études sur les organismes fixateurs d'azote (*Rhizobium*, *Spirillum*...) pour se passer d'engrais azotés !

Un besoin pressant d'amendements calciques et calco-magnésiens

Les sols des régions tropicales, et principalement ceux qui sont les plus faciles à exploiter (sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux, sols relativement légers de toute nature) ont souvent des réactions acides et très acides (pH de 4,0 à 5,5) parfois même à l'état vierge (Extrême Orient, Amérique du Sud avec de nombreuses exceptions dans la zone andine surtout, Afrique principalement au sud de l'Equateur). Or les cultures successives augmentent cette acidité, d'où les risques accentués de toxicité manganique et aluminique.

Il en résulte un grand besoin de chaulage. Pour en donner une idée, on estimait, en 1976, à 430.000 hectares la superficie des terres du Sénégal dangereusement acidifiées et à 27.000 tonnes les amendements calciques et calco-magnésiens qu'il serait nécessaire d'épandre annuellement. Et on peut ajouter que le Sénégal n'est pas un pays spécialement défavorisé à cet égard, car une forte acidité des sols y résulte souvent d'un excès de culture.

Il n'en est pas de même au Brésil où les agronomes chargés de la Cartographie des sols ont délimité dans plusieurs états de ce pays souvent 50 % mais parfois jusqu'à 80 % de sols justiciables d'amendements calciques, tout simplement pour qu'ils soient utilisables autrement que pour l'élevage extensif. Le Brésil est d'ailleurs l'un des rares pays du monde tropical à promouvoir une politique bien définie et cohérente d'amendements calcaires. Mais de très nombreuses contrées de la zone intertropicale en auraient également besoin.

Evidemment, à préconiser des chaulages, on se heurte à l'obstacle du prix de revient, surtout dans le cas de gisements de calcaire ou de dolomie éloignés du point d'application. Et plus qu'en sols tempérés, il faudra veiller à obtenir, en outre, des équilibres corrects entre teneurs en calcium et magnésium.

CONCLUSION

Ainsi qu'on a pu s'en rendre compte en lisant cet exposé, les sols situés sous les tropiques sont assez généralement des sols fragiles et des sols pauvres indépendamment de toute considération sur les méfaits de l'érosion.

Ils sont pauvres en particulier parce que leur complexe absorbant est souvent mal fourni en bases et que leur phosphore n'est pas facilement assimilable par les racines ; ils sont fragiles sous culture, parce qu'il en résulte une péjoration des caractéristiques physiques, et parce que, sous l'effet conjugué de cette dégradation et de l'agressivité du climat, les éléments minéraux assimilables ont tendance à quitter le sol avec les eaux de drainage, d'où une acidification progressive génératrice de toxicités principalement aluminique et manganique.

La culture itinérante fut longtemps la seule méthode d'exploitation de ces sols.

Pour diverses raisons - la pression démographique surtout -, une intensification des cultures est apparue nécessaire dans beaucoup de pays.

Le premier procédé, mis au point depuis fort longtemps, fut la rizière irriguée ; c'est un succès

technique incontestable en ce sens que la productivité à l'hectare peut se maintenir indéfiniment. Mais il ne s'adresse qu'à des localisations bien précises (les fonds de vallées avec eau en abondance, les plaines basses...).

Autre succès incontestable, celui des cultures arborées et arbustives pérennes : grâce aux plantes de couverture et à des fumures minérales convenables, on conserve intégralement - et on peut même améliorer - les caractéristiques de fertilité des sols.

Par contre le problème de l'intensification des cultures annuelles ne paraît pas encore complètement résolu. On arrive vaille que vaille à entretenir le taux de matière organique à un niveau suffisant par les moyens du bord (pailles et autres résidus de récoltes), mais en ce qui concerne les nutriments, il faut se résoudre à apporter des fumures minérales. Et beaucoup plus que pour les sols tempérés, le chaulage se révèle indispensable. Il est fort probable que seul l'apport d'amendements calco-magnésiens permettra une mise en culture rentable des sols acides et très acides qui couvrent d'immenses étendues entre les tropiques.