

— préparation d'un mélange de poudre d'os, sel, calcaire et sulfate de magnésie.

— mélange de ces divers éléments dans les proportions voulues.

L'individualisme complique ici comme ailleurs la tâche

de chacun et s'oppose à l'amélioration des méthodes et à la simplification du travail.

Il apparaît évident que le développement de la production laitière en Nouvelle-Calédonie est subordonnée à la création d'une fabrique d'aliments concentrés.

## MATIÈRE ORGANIQUE, HUMUS ET SOLS DE LA COTE-OUEST DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

par G. TERCINIER,

Pédologue à l'Institut Français d'Océanie

La conservation et l'enrichissement des terres en matière organique ont été reconnus de tous temps comme des conditions essentielles du maintien de la fertilité des terres. Prétendre faire de la mise en valeur agricole ou pastorale en négligeant ce principe ne peut mener qu'à des catastrophes.

### I. — Techniques traditionnelles de conservation de la Matière organique.

Dans les pays de vieille civilisation de l'Europe Occidentale, comme dans les régions intertropicales, tous les systèmes d'agriculture traditionnels sont basés sur le maintien ou la reconstitution d'un stock suffisant de matière organique dans les sols ; les méthodes utilisées diffèrent souvent en apparence mais visent toujours au même but.

Les rotations de culture, les jachères naturelles ou perfectionnées, ou l'introduction dans l'assolement de prairies artificielles à base de légumineuses et surtout l'emploi systématique du fumier fourni par l'heureuse association de l'agriculture et de l'élevage sont à la base même des procédés de conservation de la matière organique en Europe Occidentale. L'on sait d'autre part avec quel soin jaloux le paysan chinois, héritier lui aussi d'une vieille civilisation agricole, veille à la récupération de tout déchet organique pour le réincorporer à son champ.

En région tropicale humide ou semi-humide, les collectivités indigènes disposaient de terrains de parcours défichés périodiquement puis abandonnés afin de permettre la reconstitution de la matière organique sous végétation naturelle de forêt secondaire ou de haute brousse ; c'était là le système utilisé traditionnellement en Nouvelle-Calédonie comme en Afrique.

Lors de l'abandon des terrains cultivés, la population des tribus calédoniennes cherchait à sélectionner les espèces végétales envahissant la jachère, reconnues comme les plus enrichissantes : Mimosa (*Leucaena glauca*), Bourso (*Hibiscus tiliaceus*), légumineuses, lianes diverses, Tricholeme (*Tricholema rosea*), etc.

De plus, fort de l'expérience de ses ancêtres, l'indigène fait des plantations mélangées et très serrées, souvent choquantes aux yeux des Européens, par leur aspect désordonné mais qui ont l'avantage d'apporter une grosse

masse de déchets végétaux et de protéger le sol contre le rayonnement solaire direct et la pluie battante, causes sérieuses de la dégradation de la matière organique en région tropicale ; il est remarquable par ailleurs de constater le soin apporté aux paillasses de surface visant au même but.

Le maintien de la fertilité des sols était la condition même de la vie à l'époque où les tribus ne pouvaient compter que sur elles-mêmes pour assurer leur propre subsistance ; aussi la rotation forestière pratiquée, régulatrice de matière organique, était strictement protégée et réglementée par toute une série de tabous et pratiques rituelles.

D'après M. R. PORTERES, qui a particulièrement étudié cette question en Afrique, une des fonctions principales du sorcier était de distribuer les terres, de veiller à ce qu'il en soit fait bon usage et de les mettre en réserve toutes les fois qu'il était nécessaire. Si un membre de la tribu violait les tabous et se refusait à pratiquer les méthodes traditionnelles reconnues bonnes, il mettait en péril la vie même de la collectivité et, de façon à frapper les imaginations et à engendrer une peur salutaire, devait être puni sévèrement et mystérieusement.

Il nous a été confirmé par un vieux colon que les choses ne se passaient pas autrement en Nouvelle-Calédonie où, dans certaines zones mises en défense par le sorcier, nul n'avait même le droit de pénétrer.

### II Conséquences catastrophiques des négligences.

D'immenses régions de la terre ont été ruinées parce que le maintien de la matière organique du sol n'était plus assuré et il apparaît bien que cette ruine est autrement définitive que celle provoquée par l'envahissement des terres cultivées ou des pâturages par la haute brousse ou la forêt.

Tout le Moyen-Orient, une grande partie de l'Afrique du Nord et de l'Europe Méridionale, pays riches de l'antiquité, centres de haute civilisation, puis greniers de la Rome antique, ont été transformés en déserts par les invasions des pasteurs Mongols et Arabes désorganisant des techniques agricoles perfectionnées pour leur substituer des pâturages de parcours entretenus par le feu, n'assurant pas plus le maintien de la richesse organique que la protection contre l'érosion.

En Afrique Occidentale, le Fouta Djalon n'est plus qu'une zone de terre morte par suite de la culture continue du riz de montagne (1) qui fut imposée par les envahisseurs Peulh.

D'après M. P. GOUROU, la disparition des mystérieuses et brillantes civilisations de l'Amérique du Sud, déjà éteintes lors de la découverte de ce continent, doit être attribuée à la dégradation provoquée par des périodes de jachères forestières insuffisantes pour permettre la reconstitution de la matière organique du sol épuisé par la culture du maïs.

Plus près de nous, l'on observe depuis un certain nombre d'années une diminution sensible de la production du café au Brésil ; la cause profonde en est l'appauvrissement en matière organique des plantations créées sans ombrages (2).

Aux Etats-Unis un grand nombre de terres exploitées mécaniquement mais non cultivées, ont perdu le liant organique qui les maintenait et se sont révélées d'une sensibilité catastrophique à l'érosion ; les autorités des U. S. A. doivent aujourd'hui dépenser un nombre considérable de dollars pour tenter de réparer les dégâts causés.

Il faut d'ailleurs noter que la mécanisation intégrale se concilie souvent mal avec le maintien de la matière organique dans les sols ; tout récemment M. J. JORET indiquait que, dans une grande exploitation très motorisée de Picardie, région de France où cependant les terres sont certainement moins fragiles qu'en Nouvelle-Calédonie, 45% des sols étaient dans un état humique quasi catastrophique.

Est-il besoin de dire qu'il faut être particulièrement vigilant en ce qui concerne les sols de la Nouvelle-Calédonie et particulièrement ceux de la côte Ouest, certaines des pratiques pastorales et agricoles actuelles y risquant fort d'hypothéquer lourdement l'avenir.

### III - Matière Organique - Humus - Humus soluble.

Dans le langage courant, les termes de matière organique, d'humus et même parfois d'humus soluble sont souvent employés les uns pour les autres.

En fait, nous croyons que l'on doit réserver l'appellation d'humus à la fraction de la matière organique du sol dans laquelle les feuilles, les tiges et les racines décomposées ne sont plus reconnaissables.

Les déchets végétaux seuls peuvent donner naissance à de l'humus.

Les déchets d'origine animale sont susceptibles lorsqu'ils sont intimement mélangés aux résidus végétaux de favoriser la transformation de ceux-ci, d'augmenter la qualité de l'humus formé et de corriger certains inconvénients de l'humification directe sur le terrain tels que l'absence d'enrichissement en azote et le blocage transitoire de cet élément dans le sol. Cependant ils ne donnent pas par eux-mêmes naissance à de la matière humique, aussi est-ce une erreur de croire que les déjections animales

(1) Il s'agit du riz de montagne ; le riz irrigué est loin d'offrir les mêmes dangers.

(2) En Nouvelle-Calédonie, les techniques d'ombrage parent dans une large mesure à ce danger.

déposées en surface, desséchées par le soleil ou délavées par la pluie, soient susceptibles d'accroître les réserves humifères ; bien au contraire, en région tropicale au moins, on constate presque toujours un abaissement du taux d'humus sous les pâturages de parcours.

L'humus peut être diversement coloré, et le définir comme étant la matière noire du sol risque de créer des confusions et de fausses interprétations : la matière humique colorant le sol en noir n'étant pas toujours la plus abondante et surtout n'étant que bien rarement la meilleure.

L'humus lui-même est une matière complexe ; il en existe de nature, de composition chimique et de qualité diverses, qualité qu'il importe de savoir reconnaître.

Une partie de la matière humifère du sol est soluble dans des conditions bien déterminées et les caractéristiques de ces fractions solubles sont fonction du mode d'évolution du sol et donc pour une large part de ses possibilités agricoles.

### IV - Action de la matière organique et de l'humus

1) Matière organique. — La nécessité de la réincorporation naturelle ou artificielle des déchets organiques au sol apparaît comme évidente.

En effet les résidus végétaux de culture comme ceux de la forêt ou de la brousse contiennent toujours une proportion importante d'éléments minéraux utiles extraits des couches plus ou moins profondes du sol : chaux, phosphore, potasse, soufre et azote en particulier. Si ces éléments n'étaient pas restitués, il s'en suivrait obligatoirement une diminution de la fertilité par appauvrissement du fond.

En revanche, ces éléments utiles restitués sous une forme organique particulièrement assimilable enrichissent la couche arable de façon sélective ; aussi constate-t-on que sous forêt ou jachère arbustive de longue durée, à base de Mimosa ou de Lantana, par exemple, la surface du sol est particulièrement riche, cette richesse contrastant souvent avec une grande pauvreté du sous-sol dont les éléments minéraux ont été extraits par les racines profondes. Le même phénomène s'observe sous la caféière calédonienne où chaux et potasse surtout sont ramenées en surface par l'intermédiaire des racines des arbres d'ombrage ; de plus, dans ce dernier cas, on constate un enrichissement utile des 20 ou 30 premiers centimètres en chaux par rapport à la magnésie, élément presque toujours présent en excès tout le long de la côte Ouest (1).

L'action des déchets végétaux réincorporés est plus importante encore en ce qui concerne le soufre et surtout l'azote engagés pour leur plus grande part sous forme de composés organiques.

Les réserves d'azote ne peuvent se constituer ou se reconstituer que grâce aux déchets végétaux (2) soit di-

(1) La présence de magnésie en excès est très fréquente dans de nombreux sols en Nouvelle-Calédonie. Ce problème mériterait d'ailleurs une étude particulière.

(2) Nous négligeons ici l'azote apporté par les pluies d'orages à foudre qui peut être relativement abondant dans certaines régions tropicales mais non en Nouvelle-Calédonie.

*Sols noirs sur collines calcaires*

|                           |     |                         |     |
|---------------------------|-----|-------------------------|-----|
| Prairie à Herbe à moutons | 4,3 | Brousse dense à Lantana | 6,3 |
|                           |     | Brousse dense à Mimosa  | 5,2 |

2) *Humus*

L'action propre de l'humus, c'est-à-dire de la matière organique décomposée et généralement liée à la fraction minérale du sol, argile et sable, est plus complexe mais non moins importante.

Cette action est triple: physique, chimique et biologique.

a) *Action physique.*

L'humus provoque la formation d'agrégats conférant ainsi au sol une structure finement molleuse.

L'on sait qu'une des caractéristiques d'une bonne terre est de donner de petites mottes, friables au labour mais stables; cette structure molleuse est liée à la présence d'agrégats « humo argileux » ou « humo sableux » selon les cas. Ainsi l'humus diminue la plasticité des terres argileuses et augmente la cohésion des terres sableuses, facilitant par le fait même l'aération du sol et l'exploitation facile de sa masse par les racines; de plus et pour la même raison il assure la pénétration et la rétention de l'eau et est par le fait même une arme puissante à la fois contre l'excès et le manque de pluies.

La présence d'une quantité suffisante de chaux est nécessaire à la formation d'agrégats stables mais n'est pas suffisante; l'action de l'humus et de la chaux se complète pour donner aux bons sols leur structure favorable.

La souplesse de certaines des meilleures terres argilo-limoneuses de la côte Ouest, alluvions des régions de Koné-Pouembont, de Bourail, de La Foa, sols brun-rouge de décalcification fréquents au pied des collines côtières en particulier, ne peut être maintenue que par une quantité d'humus suffisante: Si les réserves humiques viennent à diminuer, le sol devient de plus en plus pénible à travailler, se tasse et forme boue sous l'action de la pluie puis se glace et se fendille en surface à la sécheresse suivante; dans ce cas au moins la destruction de la structure finement molleuse est beaucoup plus la conséquence de la disparition de l'humus que d'une insuffisance en chaux, cet élément étant présent en quantité satisfaisante.

L'analyse permet de mettre en évidence la destruction des agrégats et l'accroissement de la proportion de boue fluante à l'état humide par suite de l'appauvrissement en humus, comme la comparaison suivante relative aux alluvions de la région de Bourail le prouve.

rectement, soit indirectement par l'intermédiaire des plantes légumineuses (Mimosa, Bois noir, Erythrine, Luzerne, Ambrevade, Haricots, Pois, etc) ou sous l'action de certains microorganismes du sol consommant de la matière organique pour fixer l'azote de l'air (Azotobacter, Clostridium).

On voit donc combien sont logiques les systèmes traditionnels de jachères utilisés par les tribus qui permettent non seulement la reconstitution de la richesse organique du sol mais aussi celle de sa richesse minérale.

L'on comprend mieux aussi le caractère pernicieux de l'érosion accélérée en considérant que cet enrichissement se fait en grande partie aux dépens du sous-sol; l'érosion enlève la couche supérieure fertile pour mettre à nu un horizon très appauvri en éléments utiles. C'est ainsi que la stérilisation des sols sur schistes (sols bruns sur Basalt-Andésites, Flysch et Brèches) et de certains sols calcaires est due pour une grande part à une déficience grave en potasse, cet élément s'étant entièrement rassemblé dans la couche supérieure enlevée par l'érosion.

Le fait de brûler les résidus de récolte provoquera toujours une perte par lessivage de chaux, potasse et phosphore, cette perte étant très importante si les cendres ne sont pas systématiquement répandues et réintégrées au sol. L'azote, élément utile entre tous, pivot de la fumure dans les régions à agriculture développée, non seulement sera totalement volatilisé mais de plus le brûlage tarira les sources de sa reconstitution naturelle dans le sol.

Les résultats suivants, relatifs à la couche arable de divers groupes de sol de la côte Ouest, mettent bien en évidence la diminution des réserves en azote par suite de l'emploi du feu.

|   |   |
|---|---|
| <i>Sols où la végétation est brûlée :</i> | <i>Sols où la végétation n'est pas brûlée</i> |
| <i>Bonnes alluvions de la côte Ouest</i>  |   |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Azote total en gr. par kg. de terre | Azote total en gr. par kg. de terre                   |
| Culture continue de maïs et légumes | Culture de maïs avec enfouissement de pailles hachées |
| 1,15                                | 2,55  |
| Culture continue de maïs            | Prairie à Buffalo grass                               |
| 1,60                                | 2,55  |
|                                     | Caféirie ombragée                                     |
|                                     | 2,20  |

*Sols sur schistes*

|  |                   |
|--|-------------------|
| Prairie à Herbe à moutons ( <i>Heteropogon contortus</i> ) et Silver grass ( <i>Dicanthium caricosum</i> ) | Forêt naturelle   |
| 1,2  | 3,7               |
| Prairie à Herbe à moutons et Niaoulis  | Caféirie ombragée |
| 1,4  | 2,3               |

|  | Sols appauvris en matière organique et Humus                       | Sols assez riches en matière organique et Humus                                  |
|--|--|--|
|  | Alluvions de la plaine de la Tarodière (résidus de récolte brûlés) | Alluvions de la plaine de Trasigny (résidus de récolte hachés et en fouis)       |
|  | en g. par kg de terre  | en g. par kg de terre  |
| Matière organique                        | 19,7   | 45,9   |
| Humus soluble à l'oxalate                | 0,33   | 1,3  |
| Fraction fine du sol à l'état d'agrégats | 13,4   | 43,7   |
| Fraction fine du sol formant boue        | 38   | 23   |
|  | Alluvions de Boghen sous maïs (déchetts de récolte brûlés)         | Même alluvion de la Boghen à quelques mètres delà, maïs sous caféirie abandonnée |
| Matière organique                        | 28,3   | 38,4   |
| Humus soluble à l'oxalate                | 0,51   | 1,41   |
| Fraction fine du sol à l'état d'agrégats | 5,0  | 30,4   |
| Fraction fine du sol formant boue        | 63   | 37   |

Dans les sols sableux l'humus ne joue pas un rôle moins important ; s'il vient à disparaître l'on aura plus affaire qu'à une masse de sable blanc sans cohésion, d'une sen-

sibilité extrême à la sécheresse et volant au vent. Le cas des sables calcaires de bord de mer, sols naturellement fertiles, est typique à cet égard.

|                                    | Sable de bord de mer non humifère | Sable de bord de mer très humifère |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                                    | en gr. par kg. de terre           | en gr. par kg de terre             |
| Matière organique                  | 4,7                               | 121                                |
| Humus soluble (acide humique)      | 0,12                              | 23                                 |
| Fraction fine à l'état d'agrégats. | 30,3                              | 82                                 |
| Eau retenué dans le sol sec        | 1,1                               | 6,7                                |
| Eau retenue dans le sol humide     | 14,8                              | 50                                 |

Les terres de la côte-Ouest ayant la meilleure structure motteuse sont celles formées sur calcaire et sous végétation dense de Mimosa ou de Lantana ; en dépit d'une forte teneur en argile elles sont remarquablement meubles et sont utilisées à Gouaro par exemple pour la culture de l'ail ; humus abondant et richesse en chaux concourent dans ce cas à assurer une très grande souplesse du sol.

Les sous-sols de glaise si fréquents et si préjudiciables à la culture sur la côte-Ouest ne contiennent pas plus d'argile que les bonnes alluvions ou même que les sols à culture d'ail de Gouaro mais leur pauvreté en humus, souvent mais non obligatoirement accompagnée d'une déficience en chaux, y détermine une dispersion catastrophique de la fraction fine du sol si bien qu'à l'état humide ils forment une boue collante et qu'à l'état sec ils se fendent en grands prismes durs comme des cailloux.

### b) Action chimique.

Le rôle chimique de l'humus se manifeste dans différents sens ; en effet par des mécanismes divers il augmente le pouvoir de rétention du sol vis à vis de la plupart des éléments minéraux utiles et favorise leur mise à la disposition des plantes.

Le pouvoir d'absorption de l'humus vis à vis de la chaux et de la potasse est beaucoup plus élevé que celui de l'argile. Cette propriété est particulièrement importante dans le cas des sables de bord de mer et de la surface de nombreux sols à Niaoulis. (1)

Dans les sols de la région méditerranéenne, assez comparable sur certains points à ceux de la côte-Ouest, M. G. DROUINEAU et ses collaborateurs ont constaté que l'assimilation de la potasse était directement influencée par la fumure organique ; nos propres constatations confirment pleinement ce point de vue en ce qui concerne la Nouvelle-Calédonie, la proportion de potasse assimilable par rapport à la potasse totale y étant nettement fonction de la richesse en humus.

Vis à vis de l'économie et de la mise à la disposition des plantes du phosphore, les matières humiques jouent un rôle de premier plan. En effet le phosphore étant en partie engagé sous forme de composés chimiques ou de complexes d'absorption avec l'humus, la décomposition lente de celui-ci mettra progressivement l'élément phosphore à la disposition des plantes ; d'autre part certaines fractions de l'humus agissent comme protecteurs retardant la fixation irréversible du phosphore aussi bien par le calcaire que par le fer libre ou l'argile ferrugineuse abondants dans les sols acides de la côte-Ouest.

Sauf exceptions, que nous examinerons par la suite, les réserves en azote d'un sol sont pratiquement proportionnelles à sa richesse en humus ; une partie d'azote correspondant à une quantité comprise entre 15 et 20 parties de matière organique humifiée ; l'on peut faci-

lement en déduire que l'humus joue le rôle d'organisme stockeur et régularisateur de la nutrition azotée.

Le soufre, élément nécessaire, consommé en quantité importante par les plantes et souvent oublié dans les équivalences classiques de fumures (mais apporté en fait par divers engrais chimiques : superphosphates, sulfate d'ammoniaque et de potasse en particulier) est facilement lessivé par les pluies sous forme minérale ; aussi se maintient-il surtout dans le sol à l'état de composés humiques.

Le pouvoir tampon des sols, propriété qui leur permet d'éviter une acidité ou une basicité excessive est également lié en grande partie à l'humus ; c'est ainsi que sur sable de bord de mer très calcaire le pH de l'horizon humifère est de 8,0 au lieu de 8,6 en profondeur et que, dans les sols à Niaoulis typiques très lessivés, le pH de surface est de 5,8 au lieu de 4,8 au niveau de la couche de glaise du sous-sol. Ajoutons enfin que M. R. CHAMINADE a démontré que certaines fractions de l'humus soluble agissent comme stimulants de la nutrition de la plante et qu'à richesse égale en éléments minéraux assimilables, la capacité de production du sol est plus élevée en présence d'une quantité suffisante d'acide humique. Cette conclusion est certainement généralisable certains sols à de la côte-Ouest, en particulier aux alluvions.

### c) Action biologique.

Dans le sol vivent une multitude de micro-organismes dont l'existence conditionne en grande partie la fertilité. L'on a même songé à utiliser des préparations bactériennes pour l'amélioration des sols, mais, à de rares exceptions près (races sélectionnées de bactéries fixatrices d'azote associées aux légumineuses), ces essais n'ont pas donné les résultats espérés car les micro-organismes existent toujours dans les terres et c'est en améliorant le milieu qu'on leur permet de se développer.

Or c'est l'humus qui joue le rôle essentiel vis à vis des micro-organismes du sol en leur fournissant l'alimentation carbonée nécessaire et la matière première indispensable sur laquelle ils travaillent.

Le rôle, auquel nous avons déjà fait allusion, des micro-organismes dans la minéralisation de l'azote a été particulièrement étudié : il existe des bactéries fixatrices de l'azote atmosphérique agissant seules ou consommant de la matière organique (*Azotobacter* ou *Clostridium*), d'autres également fixatrices de l'azote atmosphérique, associées aux légumineuses (*Rhizobium* de différentes espèces), d'autres enfin qui transforment la matière organique en humus (cellulolytiques), l'azote humique en azote ammoniacal (bactéries ammonifiantes), l'azote ammoniacal en azote nitrique (bactéries nitrifiantes).

Le rôle des micro-organismes du sol est aussi important en ce qui concerne les transformations dans le sol et la mise à la disposition des plantes, du phosphore et du soufre.

Enfin d'après de récentes découvertes, il existerait également des espèces de micro-organismes susceptibles de faire passer la potasse d'une forme inassimilable à une forme assimilable.

(1) Le pouvoir d'absorption de l'humus vis à vis de la chaux et de la potasse comme son pouvoir protecteur vis à vis de la fixation irréversible du phosphore revêtent une importance plus grande encore dans le cas des sols de la côte Est et des Loyautés à caractère latéritique.

L'on voit donc quel rôle important joue l'humus dans le sol ; l'on a même pu attribuer la remise en état de terres devenues stériles à la reprise de la vie microbienne assurée par l'apport de matière organique.

#### V. — Les différents humus et leur valeur.

Comme nous l'avons indiqué la nature de l'humus variera considérablement selon un grand nombre de facteurs : activité biologique, richesse ou pauvreté minérale, végétation naturelle, acidité ou alcalinité du milieu, sens de l'évolution pédologique proprement dite.

Très schématiquement l'on peut dire qu'il existe des humus doux (Mull) et acides (Mor), des humus « nourriciers », des humus « stables » et actifs, des humus « résiduels » et inactifs. Dans la fraction soluble de l'humus elle-même, une distinction importante doit être faite entre les acides humiques et les acides créniques (ou fulviques), ces derniers très mobiles favorisant un dangereux lessivage du sol.

Le pédologue peut 9 fois sur 10 se faire une opinion suffisamment précise par simple examen du terrain car de nombreux signes permettent de faire la distinction entre ces divers types d'humus.

Les bons humus étant intimement liés et mélangés à la masse du sol, ils s'en distinguent assez mal mais lui communiquent un aspect granuleux ou grumeleux caractéristique ; ils renforcent et assombrissent la couleur naturelle de la terre plutôt qu'ils ne la changent, raison pour laquelle bien souvent c'est l'humus le moins visible à l'œil qui est le meilleur. De plus la matière humique de bonne qualité diminue très progressivement avec la profondeur ; il n'y a pas de limite brutale entre une surface très humifère et un sous sol qui ne l'est plus du tout. Tout à fait caractéristiques sont à cet égard les bonnes alluvions de couleur brun olive et les sols brun rougeâtres, formés sur collines calcaires en bordure de la côte, très homogènes et assez riches en humus bien qu'à peine plus foncés en surface.

En revanche, on doit de prime abord considérer comme suspecte une accumulation humifère apparemment importante sous une prairie discontinue d'herbes sèches dominée ou non par des Niaoulis ; cette prairie est d'autant moins susceptible de fournir de grosses quantités de matière organique humifiable, qu'une soit disant « régénération par le feu » y est pratiquée. Dans ce cas, l'humus très coloré, tachant fortement les doigts en noir ou gris sale, n'est pas lié à la matière minérale du sol dont il se distingue très nettement et, selon que le sol est humide ou sec, il est gluant ou poudreux. Presque toujours la plus grande partie de cet humus médiocre s'accumule dans un horizon de surface très nettement individualisé.

Toutes les terres à Niaoulis, Herbe plate, Paille (*Imperata cylindrica*), Herbe de montagne, Herbe à moutons, se chargent sélectivement en cette forme d'humus de faible valeur.

La couleur noir grisâtre du sol indique généralement que l'on a affaire à une matière humique de qualité médiocre mais il existe cependant de bons humus gris

caractérisant les sols bien fournis en chaux, sables de bord de mer, coteaux à tuf calcaire de Gouaro ou de Nouméa par exemple ; toutes les autres propriétés de l'humus et des sols eux-mêmes étant opposées, la distinction reste assez facile.

Il arrive cependant que le simple examen du sol ne permette pas de déterminer la valeur de l'humus, la chose pouvant se présenter dans le cas des sols sur schistes ; il sera alors utile de déterminer les proportions relatives de carbone et d'azote. Si ce rapport du carbone à l'azote est compris entre 8 et 12, l'on a de grandes chances d'avoir affaire à un humus de bonne qualité ; s'il est inférieur, le sol fertile à l'origine a été épuisé par de mauvais procédés d'exploitation ; si au contraire il est nettement supérieur à ces valeurs, l'on a affaire à un humus en majorité résiduel et biologiquement stérile. Dans ce dernier cas une partie d'azote ne correspond plus à une quantité allant de 15 à 20 parties d'humus, mais de 25 à 35.

Le tableau suivant met en évidence l'importance du rapport du carbone à l'azote, étant entendu que le rapport trouvé en surface est surtout fonction de la couverture végétale ou du mode d'exploitation, tandis que celui trouvé en profondeur est déterminé par le mode d'évolution pédologique ; de plus, une correction dans l'interprétation est nécessaire selon le type de sol considéré.

| Type de sols                             | Rapport de carbone à l'azote |                    |
|--|------------------------------|--------------------|
|  | Surface                      | Profondeur         |
| 1/ Bonne alluvions                       |                              | (variable selon    |
| Epuisé par la culture                    | 9,8                          | (les conditions    |
|  |                              | (du drainage       |
| Sous caféiries et cultures               |                              | (et la richesse    |
| bien menées                              | 10,2                         | 10,5 (en magnésie. |
| Envahis par les goyaviers                | 12,4                         | 10,3               |
| 2/ Sols sur schistes                     |                              |                    |
| Forêt et brousse dense à                 |                              |                    |
| arbustes                                 | 11,6 à 12                    | 11,7               |
| Caféirie ombragée                        | 13                           | —                  |
| Prairie brûlée d'herbe à                 |                              |                    |
| moutons ou h. de montagne                | 18 à 19,5                    | 12,3 à 16          |
| Brousse dense à Mimosas                  | 8,1                          | 8,1                |
| 3/ Sols à tuf calcaire                   |                              |                    |
| Brousse dense à Lantana                  | 9,8                          | 8,3                |
| Prairie brûlée d'herbe à                 |                              |                    |
| moutons                                  | 16                           | 11,6               |
| 4/ Sols brun-rouge dérivant de calcaires |                              |                    |
| Forêt en reconstitution                  |                              |                    |
| (caféirie ancienne abandonnée)           | 9,6                          | 9,6                |
| Caféirie en production                   | 10,9                         | 9,9                |
| Prairie rase (Silver grass               |                              |                    |
| et herbe plate)                          | 11,7                         | 10,1               |

| 5/ Sols lessivés  | Surface | Profondeur |
|---|---------|------------|
| Collines à Niaoulis et prairie lépreuse d'herbe plate et Paille   | 19 à 21 | 14 à 15    |
| Sol à glaise et « chrome de fer » à Niaoulis et herbe plate   | 21      | 21         |
| Sols à glaise en formation à partir de bons sols (type 1 A)<br>(beau niaoulis avec végétation herbacée dense) | 16      | 15         |
| 6/ Sols dérivant des Serpentinales et Péridotites   |         |            |
| Alluvions brun rouge sous goyaviers   | 13,5    | 18         |
| Sol caillouteux peu épais noir sous maquis  | 13,5    | 14         |

Ajoutons qu'il est également possible de déterminer dans la fraction soluble de l'humus les proportions relatives d'acide orénique, la prédominance du second, constituant une mauvaise indication.

#### VI. — Causes de la dégradation de l'humus.

L'humus peut être trop rapidement consommé et disparaître du sol ou au contraire s'y accumuler en dépit d'apports organiques faibles et de la mauvaise qualité évidente du sol ; dans le premier cas l'on a affaire à une dégradation quantitative de l'humus, dans le second à une dégradation qualitative.

En fait ces deux formes de dégradation ont souvent lieu à la fois ; l'humus actif étant consommé pendant que l'humus résiduel s'accumule ; c'est ce qui se passe en particulier quand la forêt est remplacée par une savane à Niaoulis ou lorsque s'établit sur sols noirs dérivant des calcaires ou des "schistes" une prairie d'Herbe à moutons régulièrement brûlée.

Les mauvaises pratiques agricoles négligeant la restitution au sol de la matière organique sont la cause principale de la disparition de l'humus nourricier et actif consommable,

D'autre part la dénudation du sol par temps chaud et son exposition directe au rayonnement solaire provoquent une forte déperdition d'humus et d'azote en même temps qu'une dangereuse stérilisation biologique ; nous touchons là à l'un des problèmes les plus graves de la mécanisation en région intertropicale, les terres y devant toujours rester protégées de l'insolation, l'émiettement artificiel du sol et le nettoyage à blanc de sa surface y provoquant une consommation de l'humus exorbitante.

L'accumulation sélective d'humus résiduel est attribuable à la stérilisation du milieu microbien, stérilisation qui peut avoir des causes multiples se renforçant les unes les autres.

Une véritable désorganisation du travail des micro-organismes est la conséquence d'une dénudation prolongée

du sol liée au labour ou, à plus forte raison, à la mise à feu par temps sec et chaud ; si la décomposition déjà trop rapide de l'humus actif en est accélérée, la disparition plus ou moins complète de certaines espèces microbiennes (*Azotobacter*, Bactéries ammonifiantes et nitreuses) en est également la conséquence comme l'a démontré M. V. DOMMERGUES.

Toute carence ou déséquilibre minéral grave aura sa répercussion sur les micro-organismes du sol ; en effet si ceux-ci trouvent l'essentiel de leur alimentation dans la matière organique, il n'en est pas moins vrai qu'ils ont des besoins minimums en éléments minéraux qui doivent absolument être satisfaits. C'est ainsi que la stérilité biologique de nombreux sols de la côte Ouest peut être attribuée pour une large part à des carences phosphatées ou à une richesse excessive en magnésium, ce dernier élément, d'ailleurs nécessaire, étant toxique à haute dose.

Si dans les sols à activité biologique naturellement élevée comme ceux des alluvions renouvelées par les inondations ou ceux des caferries de montagne établies sur défrichement forestiers direct l'apport de résidus végétaux grossiers comme la paille sèche de maïs ou les branches d'arbres présente un intérêt certain en augmentant la stabilité de l'humus actif formé, il n'en est plus de même dès que l'activité biologique est naturellement réduite ; il se forme alors des "complexes humo-ligieux" à caractère résiduel.

La qualité de la matière organique varie largement selon les espèces végétales qui la fournissent au sol.

La forêt naturelle, les arbres d'ombrage classiquement utilisés dans les caferries, le mimosa, les légumineuses herbacées de la flore naturelle (*Sensitive*, Pois collants (*Desmodium sp*) Indigo (*Phaseolus semi erectus*) etc. ou des cultures (Haricots, Pois, Ambrevade, Luzerne, Soja etc.) ainsi que certaines espèces de la haute brousse (Bourao, Lantana, Magnagna) sont génératrices de très bons humus.

A l'opposé, les plantes à essences antiseptiques tels que le Niaouli, l'Eucalyptus, la Citronelle ainsi que toutes les graminées sélectionnées par le feu : Paille, Herbe à moutons, Herbe plate, pour ne citer que les plus courantes ne donnent naissance qu'à un humus de très faible valeur. L'un des plus graves reproches que l'on puisse faire au feu de brousse est précisément cette sélection régressive d'espèces génératrices d'humus stérile, susceptible même (et la chose est nette dans le cas du Niaouli) de favoriser une évolution du sol dans un sens défavorable.

Enfin les conditions d'évolution naturelle du sol détermineront dans une large mesure le type d'humus élaboré. C'est ainsi qu'une très forte acidité du sol liée à son évolution pédologique favorise la formation d'humus résiduel inactif, étant cependant entendu que cette forte acidité n'en est pas plus une condition nécessaire que suffisante.

Les sols non renouvelés par les inondations, si fréquents dans les plaines de la côte-Ouest et où le drainage se fait mal par suite de la présence à faible profondeur d'une couche de glaise sursaturée d'humidité, sont caracté-

térisés par un humus très noir de faible valeur et bien souvent moins abondant qu'on pourrait le croire.

De même les sols des collines à Niaouls que les pédologues désignent sous le nom de "podzols" d'après l'aspect cendré de la partie supérieure de leur sous-sol (en Russe, podzol veut dire cendre) sont caractérisés par un humus biologiquement inactif, très pauvre en azote qui présente de plus, le grave inconvénient d'être un véritable agent de lessivage du sol.

L'on voit que la seule notion de quantité n'est pas suffisante pour caractériser la matière organique et l'humus, il faut y adjoindre celle de qualité.

#### VII — Moyens de parer à la dégradation de l'humus.

Nous venons de voir que cette dégradation pouvait être attribuée à deux causes différentes jouant ensemble ou séparément : la disparition de l'humus actif, la formation et l'accumulation d'humus résiduel. Les remèdes à apporter seront variables selon qu'il s'agit d'éviter la dégradation ou de la corriger et que l'on aura affaire à l'un ou l'autre de ces deux phénomènes.

L'appauvrissement de la terre en humus est relativement facile à éviter ; il suffit pour cela d'adopter des modes d'exploitation convenables restituant au fur et à mesure la matière organique et le plus souvent aussi les éléments minéraux consommés.

Les cultures arbustives sous ombrage telles que celle du caféier sont adaptées aux terres calédoniennes et ne les épuisent que peu ou pas du tout. En effet, la caféière ombragée protège le sol de l'insolation directe et amortit le choc des gouttes de pluie ; les nettoyages superficiels accompagnés ou non de sarclage permettent facilement de laisser sur place les déchets végétaux ; enfin les arbres d'ombrage utilisés : Bois noir (*Albizia lebbek*), Erythrinées diverses, Mimosa, etc. apportent des déchets organiques facilement humifiables et de plus enrichissent directement la terre en azote.

Le problème du cocotier est un peu différent ; il est nécessaire de récupérer les bourres de coco et les feuilles tombées, pour en couvrir la surface, les enterrer au pied des arbres (les bourres surtout) ou mieux encore, en faire des composts restitués ensuite à la plantation. De plus il est indispensable de favoriser la formation au niveau du sol d'une couverture végétale dense permettant cependant un ramassage facile des noix. Ce dernier problème des plantes de couverture ne peut être correctement résolu ni par des espèces végétales salissantes (Mimosa ou Lantana) ni par les graminées (Buffalo grass, Paspalum, a fortiori Paille) ces dernières entrant dangereusement en concurrence alimentaire avec le cocotier ; on doit donc s'adresser à des légumineuses rampantes importées. (*Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*, *Tephrosia candida*, *Crotalaria anagyroides*, etc.) ou locales (Pois collant *Desmodium sp.*), certaines lianes grasses) dont on contrôlera la poussée par pâturage prudent, fauchage ou mieux encore couchage sur place.

Les prairies artificielles à base de légumineuses non seulement n'épuisent pas le sol mais contribuent puissamment à son enrichissement en azote et humus. Leur emploi systématique exigerait évidemment des engrais chimiques, dans certains cas des amendements calcaires et surtout une modification profonde des notions généralement admises en Calédonie sur l'élevage, mais serait une des meilleures armes contre la dégradation quantitative et plus encore qualitative de la matière humique.

Sauf rares exceptions (riz irrigué, canne à sucre) les cultures sarclées occasionnent toujours en région tropicale une dégradation de l'humus pratiquement impossible à éviter si l'on se refuse à recourir aux jachères ou aux amendements humiques comme le fumier, les composts et les engrais verts. Cependant sur les bonnes alluvions où la vie biologique intense est semble-t-il excitée par les inondations périodiques, rançon de la qualité de ces terres, on peut se contenter d'enterrer les déchets des récoltes sèches ou les grandes graminées envahissantes telles que le sorgho (*Sorghum vulgare*) et l'herbe de Guinée (*Panicum maximum*) ; cette opération provoquant un blocage transitoire de l'azote dans le sol, on devra la faire suivre d'une culture de légumineuses (haricots, pois, luzerne, etc.) ou apporter une dizaine de kilos d'azote (40 kg. de sulfate d'ammoniaque) par tonne de matière organique enterrée.

Dans leur principe les derniers procédés indiqués : cultures de légumineuses, enfouissement des pailles enrichies en azote d'une plante à végétation exubérante telle que le sorgho cultivé, la téosinthe, le maïs ou la canne fourragère peuvent être utilisés avec avantage pour relever les taux d'humus actif et d'azote des sols appauvris. Mais il sera alors nécessaire de faire ces cultures denses dans le but de les enfouir en terre ou de les laisser pourrir en surface après fauchage (mulching). Spécifions d'autre part, que, sauf dans le cas des légumineuses, l'apport d'un supplément d'azote est une nécessité ; faute de ce supplément le but recherché ne serait que très incomplètement atteint.

Ajoutons que les apports de fumier ou de composts bien faits constituent l'amendement humique idéal aussi bien pour éviter l'appauvrissement en humus actif que pour y parer ; à l'opposé, le brûlage ou le rejet à la rivière des résidus de récoltes sont des pratiques néfastes entre toutes, qu'il importe absolument d'éviter.

La dégradation qualitative de l'humus sera plus délicate à corriger, les causes de la formation et de l'accumulation de "complexes humo-ligneux" résiduels étant le plus souvent multiples et se renforçant les unes les autres ; l'on devra également bien se persuader que cette forme de dégradation est beaucoup plus la conséquence que la cause des défauts du sol, naturels ou acquis à la suite de mauvais procédés d'exploitation.

Une étude particulière de chaque cas est alors nécessaire et l'emploi de procédés trop simplistes comme l'aération du sol par le travail mécanique ou l'apport massif de chaux risque de causer de sérieux déboires.

S'il est certain en effet que le défrichement d'une terre inculte à niaoulis, herbe plate et paille accompagné d'un chaulage permet de faire une ou deux récoltes convenables par suite de la libération brutale d'une fraction d'azote et de la mobilisation des ultimes réserves de phosphore il s'agit beaucoup plus là d'un effet de « dooping » comparable à une ivresse passagère que d'une véritable amélioration foncière. Les dernières réserves du sol sont consommées en « un feu de paille » et une stérilité d'autant plus complète s'en suivra que le chaulage brutal aura rendu inassimilables toute une série d'éléments mineurs mais indispensables (cuivre, zinc, manganèse etc).

Le plus souvent il faudra s'attaquer simultanément à chacune des causes de stérilisation de l'humus en commençant par les plus graves ; suppression des feux de brousse, remplacement des végétations de Niaoulis et d'herbes sèches par des plantes couvrantes et améliorantes, défection et correction des carences et déséquilibres minéraux les plus accusés.

La reprise de la vie biologique sera excitée par des cultures de végétaux verts, riches en azote, à enfouir ou à laisser pourrir sur place après fauchage, et par des épandages de ces véritables milieux de culture pour les micro-organismes du sol, que sont le fumier et les composts bien faits. Parfois, et le cas des « sols sur schistes » est typique à cet égard, on aura intérêt à faire une véritable jachère pseudo-forestière à base de Mimosa qui sera grandement facilitée par des apports de potasse.

La magnésie en excès, toxique, pourra être en partie remplacée par de la chaux en faisant des épandages de sables calcaires ou mieux de plâtre ou de gypse.

L'acidité excessive de certaines terres à humus résiduel (mais non de toutes) s'accompagne toujours d'une grave carence phosphatée et sera combattue au mieux par des fumures de fond à base de basiphosphates, scories de déphosphoration ou à défaut phosphates naturels broyés.

Comme on le voit, la correction de la dégradation qualitative de l'humus est une opération très complexe et forcément coûteuse, demandant à la fois une bonne connaissance des causes de cette dégradation et un ensemble de mesures qui, si elles ne sont pas toutes prises, risquent d'amener à un échec ou à un résultat médiocre.

Aussi, toutes les fois qu'il sera encore possible, devra-t-on plutôt prévenir que guérir, ce qui s'obtiendra par une utilisation rationnelle des fumiers, composts et engrais verts, par le retour au sol des résidus de récoltes, ou des cultures ou rotations de culture bien adaptées, par des paillages de surface (complétant le travail mécanique du sol et en corrigeant certains inconvénients) et également par la suppression complète du feu comme moyen de « régénération des pâturages ». Il conviendra enfin de ne pas oublier que la qualité de la matière organique n'est nullement indépendante des réserves minérales du sol et qu'il conviendra dans tous les cas de restituer à la terre les éléments utiles exportés par les cultures et dans de nombreux autres d'en enrichir le fond naturellement trop pauvre.

## Conclusions

L'humus joue dans le sol un rôle de toute première importance qui le rend indispensable ; aucun procédé d'exploitation agricole ou pastorale n'est viable s'il néglige ce principe essentiel.

L'apport de matière organique peut revêtir des formes multiples mais vise toujours au même but : maintenir et enrichir le sol en humus de bonne qualité.

Si les techniques traditionnelles de culture indigène ne sont plus compatibles avec les exigences modernes de productivité, elles n'en montrent pas moins la voie à suivre et les principes essentiels à respecter : régénération de la matière organique suivant les cultures vivrières épuisantes, maintien d'une couverture du sol.

Les procédés de mise en valeur basés sur la mise à feu saisonnière des prairies de parcours ou la production exclusive d'une céréale exigeante comme le riz de montagne ou le maïs pourraient trouver une excuse dans l'ignorance de peuplades originaires des steppes de l'Asie Centrale ou de pasteurs nomades de l'Afrique du Nord ; ils n'en ont plus au XX<sup>e</sup> siècle.

La production pour le plus grand bénéfice immédiat, de n'importe quoi, sur n'importe quelle terre provoque un épuisement extrêmement rapide de celle-ci. Ce mode d'exploitation qui ne tient aucun compte de la conservation de l'humus peut être rendu plus pernicieux encore par la mécanisation, comme l'a démontré la récente transformation en désert de vastes plaines d'Amérique du Nord.

En revanche l'expérience a montré qu'il était assez facile de maintenir, en quantité et qualité, l'humus sous plantations arbustives, celles-ci étant en général bien adaptées aux exigences des sols tropicaux ; ceci ne signifie d'ailleurs pas qu'il soit impossible d'augmenter des rendements par unité de surface des caferries et des cocoteraies en Nouvelle-Calédonie.

Un ensemble de pratiques conservatrices de la matière organique caractérise l'exploitation du sol « en bon père de famille ». L'emploi systématique du fumier, la restitution au sol des déchets de culture, les assolements bien équilibrés permettant la régénération de la matière organique en sont les caractéristiques essentielles.

C'est dans ces dernières voies que l'agriculture et l'élevage calédoniens, non plus opposés comme ils l'ont trop souvent été, mais unis, doivent se diriger. Leur collaboration permettra la production de fumier et la création de pâturages riches et régénérateurs d'humus, conditions essentielles avec l'emploi des engrais chimiques fournis par l'industrie, d'une véritable mise en valeur moderne des terres.