

SUR QUELQUES PROBLEMES PAR L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES SOLS SOUMIS A L'ACTION
D'UN EXCES D'EAU ET DES SOLS SOLUBLES ET LES SOLUTIONS ADOPTÉES -

La plupart des sols étudiés dans le cadre du thème C présentent un engorgement au moins temporaire d'assez longue durée, parfois même des submersions. A chacune des étapes de leur étude (description, prélèvement d'échantillons, observation micromorphologique, étude des variations saisonnières de certaines caractéristiques, etc...) le pédologue s'est heurté à des conditions particulièrement difficiles, voire souvent à des impossibilités.

Dans la phase expérimentale de l'étude, au cours de laquelle on s'efforce de reconstituer un "environnement" naturel au sol, d'autres difficultés naissent de par l'état du matériau, les traitements à appliquer, les caractéristiques à étudier.

Dans une première partie, nous passerons en revue les problèmes posés par l'étude de terrain. Dans un bulletin ultérieur nous envisagerons les modèles expérimentaux réalisés.

PREMIERE PARTIE : Etude in situ

A/ Etude statique

1/ Choix et localisation des profils -

Que l'on s'attache à l'étude de divers phénomènes d'hydromorphie ou d'halomorphie en relation avec des différences climatiques (variations liées à la latitude ou l'altitude dans un même territoire), géomorphologiques (comparaison de séquences sédimentaires en milieu alluvial continental ou côtier), sédimentologiques ou hydrologiques, ou bien d'une manière plus fine au sein d'un "milieu" plus étroitement défini, il importe de déterminer et de reconnaître un certain nombre de séquences représentatives de la répartition des sols et de leur degré d'évolution.

L'interpénétration des influences des divers "facteurs de pédogenèse" cités plus haut est souvent la règle et le choix des séquences doit être fait avec soin.

Afin de limiter cette variabilité, de se placer dans des conditions homogènes tant au point de vue relief que nature du matériau originel, les séquences sont généralement de faible longueur, de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Il est souvent nécessaire de bien connaître la nature et le "régime" évolutif des sols voisins, en raison des échanges possibles par l'intermédiaire des nappes.

Indépendamment de l'examen morphologique sur lequel nous reviendrons plus loin, divers facteurs peuvent servir de guide dans le choix de profils caractéristiques. En premier lieu la zonation de la végétation, quand elle est suffisamment perceptible comme dans les zones soumises à la salure, mais aussi les limites d'inondation, quand on peut en connaître la régularité et la fréquence. Comme exemple du premier cas on peut citer les études de sols de mangroves au Sénégal, et pour le second les études des sols hydromorphes du bassin alluvionnaire du Logone Chari, au Tchad.

2/ Description des profils et prélèvements d'échantillons.

Dans les régions soumises à une assez ample fluctuation de la nappe phréatique, mais en dehors des zones littorales plus ou moins régulièrement affectées par les marées, il peut être possible de creuser des trous en saison sèche. La dessiccation peut souvent provoquer une accentuation de certains caractères morphologiques, facilitant leur mise en évidence, mais dont on devra se méfier lors du prélèvement. Seules quelques précautions sont alors nécessaires : prélèvement au cours du creusement ou à proximité du trou d'examen dans une zone non perturbée. Remarquons toutefois que cette observation en saison sèche ne donnera que des indications fragmentaires sur le sol étudié, sans augurer de la permanence ou au contraire de l'apparition cyclique de certains caractères (structure, teneur en eau, couleur, propriétés mécaniques, etc...).

Dans les régions où la nappe se situe le plus souvent près de la surface du sol, et en tous les cas lorsqu'on veut pousser l'étude en condition d'engorgement, le creusement des trous n'est plus possible et l'observation n'est réalisable que par l'emploi de carottages ou d'une "pelle à vase" (voir les illustrations de l'article de C. MARIUS et J.F. TURENNE dans les Cahiers ORSTOM-Pédologie, vol VI, n° 2 - 1968). Ce dernier instrument pénètre généralement bien

dans les sols gorgés d'eau, peu compacts. Sa forme en demi-cylindre permet un examen facile par arrachement de la demi-carotte extérieure, en excluant les risques de lissage inévitables avec d'autres techniques. Cette technique rapide permet la multiplication des observations et une délimitation acceptable des changements de profils. Il est d'ailleurs souvent utile d'observer alors les modifications qu'apporte l'exposition à l'air, notamment sur la couleur des échantillons (exemple des sols dits "tany manga" de Madagascar, qui prennent une teinte bleue peut-être due à la présence de vivianite).

En dehors des nécessités de la description, on a intérêt à effectuer des prélèvements en perturbant le moins possible le milieu, c'est-à-dire en évitant les pertes d'eau et l'aération de l'échantillon. On sait en effet que de nombreuses caractéristiques peuvent varier rapidement (en particulier pH et Eh), tandis que certains éléments minéraux changent d'état (fer, manganèse, soufre) pour ne pas parler des transformations des matières organiques. Il est par contre aisé, étant donné la consistance de ces sols, de multiplier les prélèvements périodiques.

Le matériel de carottage peut être simple, sauf dans le cas où la submersion est grande et où la végétation aquatique est très dense, où alors le travail s'apparente plutôt à celui des océanographes et des géologues sous-marins. On a employé avec succès au Sénégal des tubes d'acier de un à trois mètres de long, de 10 cm de diamètre, à bord biseauté à leur extrémité inférieure, et munis d'oreilles à leur extrémité supérieure pour relever l'ensemble à l'aide de traverses s'engageant sous les oreilles. Dans les sols les plus compacts le tube est enfoncé à petits coups à l'aide d'une masse, l'ouverture supérieure du tube est ensuite bouchée hermétiquement à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et le bâti relevé à l'aide de deux crics hydrauliques opposés et d'un jeu de cales. Il est cependant très souvent possible de manipuler le tout à la main.

La carotte de sol est ensuite extraite du tube d'acier et transvasée dans un tube plastique de même dimension, lui-même ensuite bouché aux deux extrémités. Lorsque les sols ne présentent pas de fentes de trop grandes dimensions, l'aération n'affecte que les quelques millimètres extérieurs de la carotte. Quelques précautions contre l'échauffement en cours de transport et le stockage des carottes en chambre froide permettent de disposer d'échantillons peu perturbés pour les analyses ultérieures.

B/ Etude dynamique

Les mesures périodiques de certaines caractéristiques liées à l'engorgement.

Outre que ces caractéristiques sont susceptibles d'être considérablement modifiées après le prélèvement, on connaît leur grande variabilité dans l'espace, malgré l'homogénéité apparente du sol ou du sédiment. Seules des mesures in situ, convenablement répétées et périodiques, peuvent nous donner une idée de la dynamique de certains processus. C'est le cas pour le pH et le potentiel d'oxydo-réduction par exemple. Enfin certaines données ne peuvent être obtenues que de cette manière, comme les variations de profondeur des nappes et les échanges gazeux.

a) Mesures concernant le régime hydrique.

On peut établir des profils hydriques, soit à partir de carottages en tube, par découpage rapide de tranches de sol, soit quand le sol ne s'y prête pas, par sondages successifs à la tarière. Cette dernière technique a été utilisée par J.F. VIZIER au Tchad.

Lorsqu'on se trouve en présence d'une nappe fluctuante, il convient d'utiliser des piézomètres. Les tubes plastiques, quoi que moins bien protégés contre des déprédations éventuelles (vol, bouchage par des cailloux ou des branches) sont moins coûteux, plus faciles à transporter et à mettre en place que les tubes métalliques.

Si il est parfois possible d'utiliser des tubes perforés sur toute leur longueur utile (dans les limites de fluctuation de la nappe), nous leur avons souvent préféré des tubes simplement ouverts en bas et perforés sur les 5 cm inférieurs, enveloppés d'une moustiquaire plastique. Ces tubes sont disposés en batteries pour explorer différentes profondeurs. Ce système a l'avantage de permettre l'étude de la salinité à différentes profondeurs, de contrôler le niveau piézométrique et qu'éventuellement de renseigner sur l'existence de nappes superposées ainsi que sur des variations de perméabilité entre les horizons d'un même profil.

Dans quelques cas il peut être utile d'adjoindre aux piézomètres un limnigraphe du type utilisé par les hydrologues, afin de suivre avec précision les mouvements de la nappe. Une plus grande sensibilité peut être obtenue en modifiant convenablement l'appareillage. En effet il est préférable de disposer d'un rapport 1/2,5 entre les mouvements réel et enregistré, plutôt que 1/5 ou 1/10 généralement utilisés en Hydrologie.

Lorsqu'il est nécessaire de suivre l'évolution de la salinité des nappes, il faut vider complètement le piézomètre 24 heures avant le prélèvement avec une pompe genre pompe de cale de bateau, mais sans trop forcer au fond du tube de façon à ne pas remonter de boue dans le tube, ce qui nuirait à la remontée de la nappe. On est ainsi assuré d'avoir une eau représentative du moment du prélèvement, alors que la simple agitation de la colonne d'eau, pratiquée par certains, est beaucoup plus aléatoire. Si l'on emploie un résistivimètre, ou mieux, un conductimètre portatif, la mesure peut être faite sans prélèvement, à condition de pouvoir mesurer également la température et de faire la correction, automatique sur certains modèles de conductimètre, afin de ramener la valeur de la conductivité à 25°C. Dans ce cas seuls quelques échantillons sont prélevés pour des analyses chimiques.

b) Mesure du pH et du potentiel d'oxydo-réduction.

L'étude de J.F. VIZIER présentée dans le Bulletin n° 1 a fait une critique complète du principe et de la mesure du potentiel redox (Eh). S'il a mis en évidence l'intérêt de telles mesures comme indicateur de l'état d'aération des sols, pouvant être lié aux variations du régime hydrique, il n'a pas manqué de souligner le caractère global de cette mesure, intégrant les interactions de couples redox très variés dans les sols, ainsi que son aspect plus qualitatif que quantitatif.

Si, combiné à la mesure du pH, elle peut permettre de situer les processus physico-chimiques dans les sols à l'intérieur des diagrammes pH/Eh établis par certains auteurs (GARRELS & CHRIST - 1965), il ne faut pas oublier que ces diagrammes ont été établis au laboratoire, en présence d'un nombre limité d'espèces chimiques, certainement inférieures à celui que l'on peut trouver dans un sol, où le rôle de la matière organique est loin d'être élucidé.

Il ne peut être question, sauf dans le cas où un couple redox est largement dominant dans les échanges, comme le couple fer ferreux-fer ferrique étudié par J.F. VIZIER, d'utiliser ces résultats dans l'établissement de réactions chimiques.

A propos de la pratique de la mesure du pH et du Eh, trois procédures peuvent être employées. Nous passerons sur la mesure faite sur des prélèvements de sol ou de sa solution, qui comporte trop de causes de perturbation.

J. F. VIZIER a décrit une méthode qui consiste à forer un avant trou dans le site à mesurer et d'y enfoncer une électrode de platine de forme vis. On procède par strates au fur et à mesure du creusement du profil. Cette méthode doit être employée dans les sols trop fermes pour l'enfoncement d'électrodes à partir de la surface et devient délicate lorsque l'on parvient au niveau de la nappe où un pompage est nécessaire.

Par contre dans les sols moins compacts et gorgés d'eau il est possible d'utiliser des électrodes-cannes munies d'un dispositif de masquage de l'électrode de verre servant à la mesure du pH qui permet de la mettre en contact avec la solution du sol aux profondeurs désirées. Il est indispensable de nettoyer l'électrode à l'eau distillée après chaque mesure. Les autres cannes électrodes, de référence au calomel et de platine, sont considérées comme nettoyées au cours de l'enfoncement dans le sol.

L'appareil de mesure, pH-mètre millivolt-mètre à piles, doit être protégé et isolé du sol, en particulier s'il existe une nappe d'eau superficielle. Un support trépied fait parfaitement l'affaire.

La mesure du pH est généralement instantanée mais celle du Eh demande en général un temps variable de stabilisation. Les cannes électrodes offrent l'avantage de pouvoir multiplier les mesures autour du même point et de pratiquer des mesures périodiques sans perturbation du sol.

c) Etude de l'atmosphère du sol et des dégagements gazeux.

On se référera aux articles de G. BACHELIER (Cahiers ORSTOM-Pédologie, vol IV n°2 - 1966 et vol VI n° 1 - 1968), de M. VILAIN et J.P. DRUELLE (Ann. Agron. vol 18 n° 5 - 1967) ainsi qu'à un travail plus récent de G. BACHELIER et A. COMBEAU

La connaissance des teneurs en oxygène dissous ou gazeux peut être utilement rapportée aux variations de l'aération et du Eh. Selon certains auteurs (L.W. POEL dans J. Ecology, vol 48 - 1960) elle serait même moins sujette à caution que cette dernière.

Nous n'aborderons pas l'étude de l'atmosphère du sol qui ne présente pas de différences entre les sols bien drainés et les horizons périodiquement aérés des sols hydromorphes. Nous nous attacherons plus particulièrement aux gaz dissous.

Pour l'oxygène, la méthode de Winkler est la plus communément employée par les océanographes et les hydrobiologistes. Sur un prélèvement effectué à l'abri de l'air (remplissage de la fiole à l'aide d'un tube touchant le fond) l'oxygène est fixé par des sels manganéux additionnés d'un mélange soude-iodure, en procédant à une agitation énergique. Au moment du dosage on ajoute de l'acide sulfurique concentré pour dissoudre le précipité et on dose par iodométrie.

Malheureusement cette méthode n'est pas applicable si la solution du sol contient des sulfures solubles et de l'hydrogène sulfuré qui réagissent avec l'iode et sont même libérés par l'acidification. Des méthodes de neutralisation de ces corps ont été proposées mais ne semblent pas convenir lorsque les concentrations en H_2S sont trop importantes, ce qui est le cas dans les sols de mangroves.

On a alors utilisé une mesure directe de la teneur en oxygène basée sur la vitesse de diffusion de ce gaz à travers une membrane poreuse (oxymètre). La technique est délicate mais nous a donné des résultats reproductibles.

En complément de l'analyse des gaz dissous dans l'eau à un instant donné, il peut être utile de mettre en évidence ceux qui sont susceptibles de se dégager au cours de cycles saisonniers. Il faut pour cela mettre en place des pièges. Dans les sols gorgés d'eau on a ainsi placé des tubes cylindro-coniques inversés liés à des éprouvettes graduées placées à la surface du sol ou au-dessus. Après la mise en place le dispositif est rempli d'eau à l'aide d'une pompe (seringue Millipore) à travers un tube à vide dont l'extrémité est fermée par une pince de Mohr. Les gaz dégagés à proximité de la base du cylindre se déplacent vers l'éprouvette et leur débit peut être mesuré périodiquement. Pour le dosage on peut extraire les gaz à travers un tube contenant un réactif spécifique d'un gaz (tube Dreager), mais outre qu'il faut disposer alors d'un volume gazeux assez important on perd ainsi une partie de l'information. Une méthode plus générale et qui a le mérite de s'appliquer à des microprélèvements, est l'analyse des gaz en chromatographie. On utilise alors la seringue pour prélever un volume connu du dégagement, après mélange par pompage, que l'on injecte dans une bouteille ou un tube à essai rempli d'hélium, à travers son bouchon. Nous avons pu ainsi mettre en évidence les concentrations relatives de différents gaz (oxygène, gaz carbonique, méthane, azote, etc...), qui peuvent renseigner sur les activités de certains germes microbiens intervenant dans les processus étudiés.

COMITÉ TECHNIQUE DE PÉDOLOGIE

BULLETIN DE LIAISON
DU THEME C

Numéro 2

Février 1972

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE DAKAR

