

COMPTE RENDU DU COLLOQUE D'ABERDEEN (septembre 1966) SUR LA CHIMIE DU SOL ET LA FERTILITÉ

par B. DABIN.

Ce colloque qui s'est tenu du 5 au 10 septembre à l'Université d'Aberdeen, Ecosse, a réuni comme à l'accoutumée les spécialistes de chimie des sols et de fertilité de nombreuses nations différentes; l'organisation matérielle a été excellente, une très belle exposition de photographies et de profils plastifiés des sols d'Ecosse a été présentée.

Les sujets principaux ont été la matière organique, et les problèmes concernant l'utilisation par les plantes des éléments majeurs (N, P, K, S) ainsi que des oligo-éléments. La proximité du « Macaulay Institute » ainsi que la présence de divers spécialistes a permis de donner une importance particulière à cette dernière question.

Au cours des excursions, il a été possible de voir des exemples pratiques d'amélioration de matières organiques acides, et de correction en éléments majeurs et oligo-éléments, dans le cas particulièrement difficile des sols du nord de l'Ecosse.

En ce qui concerne les conférences, nous ne pouvons donner un résumé complet de toutes les communications, dont un certain nombre n'ont pas été présentées, mais certaines tendances générales sont apparues dans les sujets traités et nous cherchons seulement à donner ici une impression d'ensemble.

1° Matière organique.

JANSSON (Suède) rappelle qu'il est indispensable d'associer les recherches sur la chimie de la fraction alcalino-soluble avec les différents phénomènes biologiques qui lui sont associés.

Résidus des organismes autotrophes, biomasse des organismes hétérotrophes, résidus stabilisés et substances d'excrétion.

Rapports entre milieux organiques et inorganiques, action de la matière organique sur la structure, action des conditions extérieures sur la vitesse de décomposition de l'humus.

EDWARDS A. P. (U.S.A.) étudie des modèles de complexes argilo-humiques, en provoquant la dispersion de micro-agrégats, constitués d'argile et de colloïdes organiques, par action des ultra-sons et de résines échangeuses d'ions (mais sans action de solutions salines).

Les colloïdes argileux et humiques se comportent donc comme des échangeurs d'ions liés entre eux par des métaux polyvalents.

La formation de ces agrégats peut emprisonner des éléments utiles aux plantes et les rendre en partie physiquement inaccessibles.

SCHARPENSEEL H. W. (Allemagne) a étudié également la formation de complexes argilo-humiques, en partant de composés marqués d'acides humiques ou fulviques, au C14, ainsi que de composés (acide vanillique, pyrocatechique, etc.) marqués par H₃; ces produits sont fixés, soit sur de l'argile, montmorillonite ou kaolinite, à l'aide de cations divers (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, etc.), soit sur des produits de synthèse obtenus directement à partir de SiO₂, Al₂O₃, acétate de Mg, KCl, etc., dans des conditions de température et de pression convenables.

Les tests d'activités, les analyses aux rayons X, etc., montrent que les complexes organo-minéraux peuvent être synthétisés directement à partir des éléments de base, que le fer joue un rôle supérieur aux autres cations dans la formation des complexes, et que 0,5 à 5 % d'acide humique est lié irréversiblement à la matrice argileuse.

JACQUIN et MANGENOT (France) ont étudié l'action d'extraits aqueux simples de plantes comme *Melandryum Rubrum*, *Fraxinus excelsior* et *Pinus Sylvestris*, sur des micromonolithes de sol artificiel, et constaté que ces extraits se comportaient de façon analogue à ceux des composés humiques du sol.

PERSSON étudie une méthode de séparation de la matière humique ancienne et stabilisée, de la matière fraîche et vivante, en faisant incuber des échantillons de sol avec du glucose marqué C₁₄. Dans la mesure où le C₁₄ passe dans les tissus des micro-organismes et dans le CO₂, il est possible d'étudier les produits de décomposition dans divers extraits alcalins d'humus.

HARCETAI présente une méthode de séparation de l'azote assimilable par hydrolyse et oxydation selon la méthode de BREMNER avec HCl 6N.

C'est surtout le pH et l'aération qui agissent sur la libération de l'azote, et des essais de chaulage sont effectués sur les sols bruns forestiers tourbeux fortement acides.

C'est surtout au-delà de pH 5 — 5,5 que l'azote passe rapidement à l'état assimilable.

Le rapport C/N des extraits d'hydrolyse diminue lorsque le pH augmente. Les complexes argilo-humiques sont extraits par les réactifs minéraux (NaOH, FNa, Na₄P₂O₇) pour distinguer l'azote combiné à l'humus, et l'azote assimilable non combiné à l'humus.

STEWART indique que des pailles de blé se décomposent à des vitesses variables lorsque leurs teneurs en S sont variables, pour que la décomposition soit bonne, il faut que le rapport N/S soit au plus de 15. Ce rapport N/S peut être considéré comme un critère de déficience en soufre; de même le rapport N/S dans les sols peut conditionner la croissance des plantes.

Nous omettons ici certaines communications de la délégation Russe que nous n'avons pu suivre en totalité, en particulier sur l'action des substances humiques sur la croissance des plantes et l'exportation des éléments minéraux, des études sur l'évolution de l'azote, la fixation de l'ammonium, etc., et de nombreuses autres communications non présentées.

2° Le phosphore.

Mc CONACHY, STEWART et MALEK, indiquent une corrélation entre l'exportation de P par le ray-grass en pots et le pourcentage par rapport au P total du sol, du phosphore isotopiquement échangeable (rapport sol/solution = $\frac{2}{100}$, équilibre pendant 5 jours).

Ce phosphore échangeable est donné par la formule :

$$pm = pt \left[\frac{ci}{ct} \right] - po;$$

pt = concentration de la solution du sol en P à l'instant t;

po = concentration initiale de la solution;

ci = nombre de coups minute de la solution initiale;

ct = nombre de coups minute de la solution du sol à l'instant t.

HANOTIAUX utilise la méthode de fractionnement de CHANG et JACKSON améliorée, et montre qu'un réactif unique ne peut rendre compte de la dynamique complexe du phosphore du sol, mais que les différentes formes du phosphore jouent un rôle spécifique dans la nutrition minérale des plantes.

Dans des expériences à long terme et à court terme, on peut constater que la répartition des formes de P dépend principalement du type de sol, que toutes les formes en 50 ans ont contribué à l'alimentation des plantes, que les formes attaquées dépendent du type de culture et des conditions chimiques du milieu, que le phosphore organique joue un rôle capital dans l'alimentation des plantes.

FINCK montre que dans les sols acides (pH 3 — 3,7) l'addition de phosphate, non seulement augmente l'exportation de P, mais diminue l'action toxique de certains ions (Al — Fe — Mn). Il y a cependant des exceptions.

3° Problèmes généraux sur la dynamique des ions.

Au cours de ce colloque, un certain nombre de communications furent consacrées au mouvement des éléments dans le sol, et des équations ont été proposées pour expliciter les phénomènes en ce qui concerne le phosphore.

MOKADY et ZASLAVSKY présentent une équation de diffusion :

$$D \frac{d_2C}{dx^2} = \frac{dc}{dt} + \frac{ds}{dt}$$

D est une constante de diffusion

C est la concentration

S la concentration du P fixé

t le temps

x la distance

S dépend de A, quantité immédiatement fixée :

+ f (c) courbe d'absorption isotherme dans un temps court

+ g (t) diminution lente de la concentration.

BLANCHET présente l'ensemble des facteurs qui conditionnent la mise à la disposition des plantes des différents éléments.

Il y a l'aspect statique, c'est-à-dire le potentiel des ions et leur équilibre en solutions, et l'aspect dynamique, c'est-à-dire la cinétique des processus d'adsorption et de désorption.

Ces propriétés dépendent de la nature des minéraux argileux; le problème de la rétrogradation du potassium à l'état non échangeable, ou de sa libération, est significative à ce point de vue.

Un autre aspect est le mouvement des ions; ce mouvement peut avoir lieu dans les solutions du sol, ou par un processus de diffusion propre aux ions.

Enfin, l'action directe du contact des racines avec le sol joue un rôle particulier; phénomènes de contact, production de complexants, absorption préférentielle.

BARBER reprend sensiblement les mêmes mécanismes :

Root interception — action directe des racines.

Mass Flow — transport dans la solution du sol.

Diffusion — diffusion des ions.

TURNER et CLARK présentent une équation d'équilibre reliant le pH au phénomène d'échange entre le calcium et l'alumine dans le complexe absorbant.

ROTH, DE VILLIERS, JACKSON, VOLK, présentent différentes figures des surfaces colloïdales obtenues au microscope électronique, soit argiles, soit hydroxydes cristallisés ou gels, et leur relation avec les phénomènes d'échange.

TINKER montre qu'en ce qui concerne le sodium, c'est la quantité de Na échangeable et non le SAR $\frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg}}$

qui est en relation avec la composition et le rendement de la betterave à sucre. C'est sans doute la très grande mobilité de Na échangeable qui explique ces résultats.

MERCER et GIBBS montrent qu'il est possible de déterminer le potassium isotopiquement échangeable du sol, en étudiant l'équilibre entre les isotopes naturels du sol, et une solution de K 39. L'échange isotopique peut se calculer d'après la concentration finale en K 41.

Les résultats sont parfois identiques à ceux de K échangeable par les méthodes classiques, mais parfois plus de deux fois supérieurs.

NYE a présenté également une formule d'équilibre pour expliquer la concentration d'éléments au voisinage des racines, compte tenu de la vitesse d'absorption par les plantes, de la diffusion, et de l'apport des solutions du sol.

4° Oligo-éléments.

En ce qui concerne les oligo-éléments, de nombreuses communications ont été présentées.

PEYVE (U.R.S.S.) rappelle les conditions du sol influant sur l'utilisation des oligo-éléments.

BARBER a étudié le mouvement du manganèse et du molybdène par les méthodes appliquées aux éléments majeurs; diffusion, solution du sol, action des racines.

Pour le manganèse, c'est surtout la diffusion qui agit; pour le molybdène, c'est la solution du sol.

LINDSAY et HODGSON montrent l'action très importante des complexants organiques dans les phénomènes de fixation ou de diffusion des micro-éléments.

DREW, VAIDEJANTHAN et NYE. Les études de diffusion ont été appliquées à de nombreux autres éléments, en particulier au potassium. La faible diffusion de K dans un sol argileux peut limiter l'exportation par les plantes.

5° Visites.

Le congrès a comporté un certain nombre de visites, en particulier au « Macaulay Institute for Soil Research ». Ce très important institut, qui groupe environ 160 chercheurs et techniciens, comprend des services de pédologie, cartographie, spectrographie, biochimie, physiologie végétale, microbiologie, fertilité.

La section *pédologie* entreprend des études de base sur la nature des sols et des colloïdes, argiles, minéraux amorphes, etc., ainsi que sur l'étude des tourbes, et les analyses courantes de sol.

La section de *prospection et cartographie*, étudie les photos aériennes, le dessin des cartes, réalise la collection des monolithes, les études micromorphologiques, la classification des sols de l'Ecosse et leur cartographie, etc.

La *spectrochimie ou spectrographie* étudie principalement le problème des éléments traces dans le sol et dans les plantes. Le problème du cobalt a été étudié particulièrement, par de nombreuses techniques modernes et des appareillages perfectionnés.

La *biochimie* étudie la nature chimique des acides humiques.

La *physiologie* se consacre au problème de l'absorption des ions par les plantes, avec utilisation des éléments radio-actifs.

La *microbiologie* étudie le problème de la rhyzosphère, des protozoaires et des bactéries, de la décomposition du phosphore organique, de la décomposition de la lignine et de l'action des champignons.

Enfin, le département de *fertilité* étudie les rapports entre la composition du sol et les récoltes, par des essais en serres, aux champs, et des analyses de laboratoire.

— Etude du calcium et du magnésium, des oligo-éléments, des formes du phosphore inorganique et organique, des formes du soufre inorganique et organique.

— Etude des propriétés du complexe absorbant en relation avec la composition des plantes.

6° Excursion.

L'excursion dans le nord et le sud de l'Ecosse (Aberdeen, Inverness, Fort Williams, Perth, Edimbourg, Glasgow) a permis d'étudier les sols formés dans les régions montagneuses des Highlands et Grampians, ainsi que certaines plaines côtières au nord est, et dans les régions moins accidentées du sud. Le paysage est de type glaciaire avec des versants rabotés en u et des vallées portant des alluvions ou des tourbes.

Le climat humide et froid a surtout favorisé la formation de sols à humus grossier et hydroxydes, tels que des podzols fortement tourbeux dans les zones de roches cristallines acides, et sur les dépôts de sables et argiles morainiques provenant de ces roches.

Sur les roches ou dépôts plus basiques, on rencontre des sols bruns forestiers, acides, relativement tourbeux, parfois à pseudogley ou gley. Dans les vallées, on observe également des sols bruns forestiers à pseudogley ou gley et aussi de véritables tourbes.

La caractéristique de ces sols est généralement leur faible profondeur, la présence d'horizons à mauvais drainage, et parfois des horizons durcis, soit à la partie supérieure des horizons B, soit des horizons C. La présence des matières organiques mal décomposées et acides rend leur culture difficile.

Les zones de montagne sont réservées aux pâturages extensifs (moutons). Les zones de vallées peuvent être cultivées : des labours profonds, sous-solages, drainages par poterie sont réalisés. Les cultures principales sont l'orge, l'avoine, le rutabaga, la betterave, le chou et également les cultures fourragères ou prairies améliorées (Phléole).

Le chaulage est couramment pratiqué; les engrais N, P, K sont également utilisés en abondance.

Le problème des oligo-éléments a été partout étudié avec une grande précision. L'analyse complète des sols est réalisée :

- extraits par l'acide acétique à 2,5 % Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Ti, V, Zn;
- par l'acétate d'ammonium N Mo;
- par l'E.D.T.A. 0,05 M Cu, Mn.

Tous les éléments totaux sont également déterminés : le soufre total est déterminé, ainsi que le phosphore total, organique et soluble dans l'acide acétique à 2,5 %, indépendamment des autres analyses classiques qui permettent de guider l'utilisation des engrais.

Toujours dans le nord, les parties les plus pauvres, sables côtiers en particulier, sont cultivées en sapins et épicéas.

Plus au sud, les sols formés sur les vieux grès rouges du Devonien (old red sand stone) présentent une structure plus meuble, une profondeur plus grande et un drainage variable, mais en moyenne meilleur que dans le nord. Les sols sont de type brun forestier ou brun à pseudogley, mais dont le pH n'est que faiblement acide, et la matière organique mieux décomposée que dans les sols sur roches acides du nord. Ces sols sont couverts de cultures variées, de prairies améliorées, avec un élevage de bovins de qualité (Perth, Ayr), et même des vergers et des cultures de groseilliers, framboisiers, etc. Les fleurs, et certains légumes, sont cultivés en serres.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE DE PÉDOLOGIE

rédigé par

LA SECTION DE PÉDOLOGIE
DE L'O.R.S.T.O.M.

Tome XV — Fascicule 3
3^e trimestre 1966

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Direction Générale :
24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :
70 à 74, route d'Aulnay, 93 BONDY (Seine-S^t-Denis)

Rédaction du Bulletin : S. S. C., 70 à 74, route d'Aulnay, 93 BONDY (Seine-S^t-Denis)