

INFLUENCE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE SUR LE POTENTIEL D'OXYDO-RÉDUCTION DES TERRES

par

J. KAUFFMANN, Mlle G. BOQUEL, P. TOUSSAINT
(Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer,
Laboratoire de Microbiologie du Sol)

La technique de mesure du potentiel d'oxydo-réduction des terres a fait l'objet de nombreux travaux depuis ceux de Gillespie en 1920 (1). Cet auteur plonge les électrodes dans la terre recouverte d'eau.

En 1930, Herzner (2) compare plusieurs méthodes et obtient les meilleurs résultats en plaçant la terre dans un creuset de Gooch et le tout dans un récipient contenant une faible quantité d'eau bouillie. La mesure du Eh se fait au moment où l'eau apparaît à la surface de la terre.

Willis (3) fait la mesure sous atmosphère d'azote après avoir agité la suspension de terre en présence d'air.

Comparant 70 méthodes, Brown (4) retient celle qui consiste à centrifuger la suspension de terre en présence de l'électrode de platine.

Avant chaque mesure, l'électrode est plongée dans une solution d'acide nitrique, rincée à l'eau, immergée dans une solution ammoniacale 2N et rincée à nouveau à l'eau. Les résultats sont plus satisfaisants si l'électrode de platine est trempée dans de l'acide sulfochromique pendant quelques minutes, rincée à l'eau distillée puis flambée.

Darnell (5) obtient des résultats plus reproductibles en opérant à l'air plutôt que sous atmosphère d'azote. L'électrode de platine est lavée à l'eau, à l'alcool sodique, à l'alcool puis à l'eau.

Le fil de platine soudé directement au fil de cuivre donne des résultats plus satisfaisants qu'avec l'emploi d'un contacteur à mercure (Buehrer, Martin, Parks) (6).

Le temps écoulé entre la préparation de la suspension de terre et la mesure du Eh peut provoquer des modifications de l'activité bactérienne et faire varier le potentiel d'oxydo-réduction. Afin de stabiliser l'activité bactérienne, Peech et Batjer (7), Bradfield et Oskamp (8) mettent la terre dans une solution de 0,1 N d'acide sulfurique. Cette technique ne peut être employée pour les sols calcaires (6).

Volk (9), opérant sous atmosphère d'azote, trouve des différences de Eh de l'ordre de 200 mv entre des suspensions aqueuses de terre et des suspensions acides de la même terre. Pour stabiliser l'activité bactérienne, il maintient les échantillons de terre à basse température.

Starkey et Wight (10), Quispel (11) plongent directement les électrodes dans la terre sans précautions spéciales.

Relation Eh/pH dans les terres :

Expérimentant sur 132 échantillons de terre, Volk (9) montre que le rapport Eh/pH peut varier de 58 à 101.

Des auteurs (7, 8, 13) amènent toutes les terres à un même pH par addition de soude ou d'acide. Cependant, certains acides sont capables de libérer, à partir des éléments minéraux de la terre, des ions oxydants et d'affecter ainsi le potentiel (6).

Bayer (14) et Mc Georges (15) montrèrent que la dilution d'une suspension de terre a pour effet d'augmenter le pH jusqu'à une valeur limite obtenue pour un rapport eau/terre égal à 10. Le pH demeure ensuite constant. Dans ces conditions la valeur moyenne du rapport Eh/pH est de 60 (6).

Relation entre le potentiel d'oxydo-réduction et l'activité bactérienne des terres :

Heintze (16) pense que l'étude des variations de Eh d'une terre en fonction du temps peut servir à caractériser des groupes de micro-organismes.

Étudiant les relations du Eh avec le pH et la nitrification dans des sols différemment enrichis en chaux et engrais azotés, Darnell (5) constate que la nitrification affecte davantage le pH et le Eh. L'addition de sulfate d'ammoniaque ou de nitrate de soude cause des variations de potentiel dans les suspensions. Le Eh des terres traitées à l'alfalfa est nettement inférieur à celui des terres témoins : variations de l'ordre de 400 mv (6).

RECHERCHES PERSONNELLES

Nous avons étudié l'influence de la matière organique sur le potentiel d'oxydo-réduction dans les terres.

Les substances organiques utilisées ont été la caséine et l'amidon. Les expériences ont porté sur 23 échantillons de terre de nature et d'origine très différentes.

Technique expérimentale :

La terre passée au tamis de 2 mm est répartie dans des boîtes de Pétri de 4 cm de diamètre à raison de 5 g de terre par boîte. La terre est enrichie soit de caséine à la concentration de 0,5 g %, soit d'amidon à la concentration de 1 g %. On mélange intimement. On réserve des terres témoins non additionnées de substances organiques. Les terres traitées et non traitées sont amenées à humidité équivalente et portées à l'étuve à 29°. Les mesures du Eh et du pH sont faites chaque jour.

Pour la mesure du Eh nous avons adopté la méthode de Quispel (11). Les électrodes (fil de platine et calomel) sont enfoncées directement dans la terre sans précautions spéciales.

Avant chaque mesure les électrodes sont lavées à l'eau distillée, à l'alcool, puis de nouveau à l'eau distillée. La valeur retenue du Eh représente la moyenne de plusieurs lectures. Dans les conditions d'expérience, celles-ci ne peuvent être faites qu'à ± 30 mv près.

La même méthode est utilisée pour mesurer le pH. On remplace simplement l'électrode de platine par une petite électrode de verre.

Parallèlement aux mesures du Eh et du pH nous avons examiné la microflore aérobie par impression de lame à la surface de la terre et la microflore anaérobie en faisant des frottis sur lame à partir de prélèvements effectués au sein de la terre.

Interprétation des résultats :

Seuls les résultats de 2 types de terre sont représentés dans le graphique.

Pour tous les échantillons étudiés de pH supérieur à 4,5 nous avons constaté les faits suivants :

L'amidon provoque, dès les premiers jours de culture, une forte chute de potentiel voisine de -300 mv. Ce bas potentiel ne se rencontre généralement pas dans toute la masse de la terre. Il semble exister, au sein de la terre, de véritables foyers microbiens créant des microzones très réductrices : c'est la valeur de ce potentiel minimum voisin de -300 mv (à ± 30 mv près) que nous avons retenue. Celui-ci se maintient, suivant les terres, de 2 à 3 jours pour remonter ensuite rapidement à des potentiels positifs.

Cette chute de Eh n'est pas due à une augmentation de pH ; celui-ci, au contraire, baisse légèrement dans les terres enrichies en amidon.

L'examen microbiologique de tous les échantillons de terre montre que la baisse de potentiel correspond à une prolifération du genre *Clostridium* aussi bien en surface qu'en profondeur. Cet examen est confirmé par une forte odeur d'acide butyrique qui se dégage des terres traitées à l'amidon.

Cependant, cette activité, généralement exclusive du genre *Clostridium*, se poursuit intensément après la remontée du potentiel à des valeurs positives.

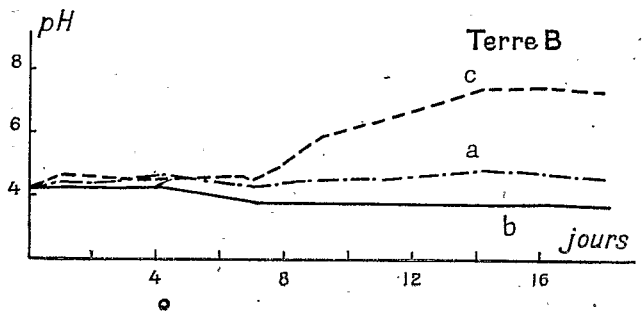
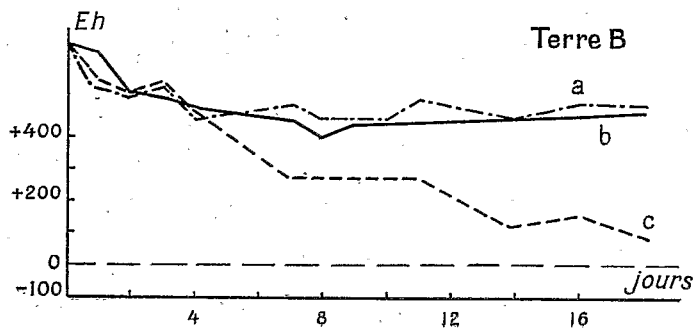
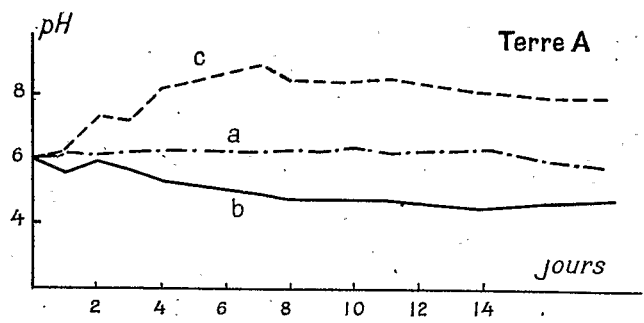
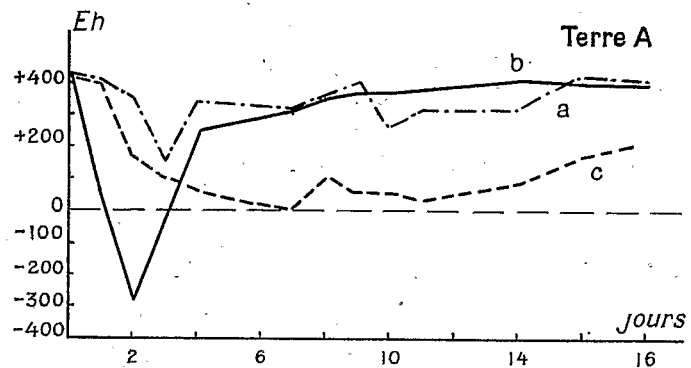
Ce potentiel minimum, voisin de -300 mv, a déjà été obtenu par des auteurs à partir de bactéries anaérobies facultatives en culture pure (17, 18).

Il semble que la chute de potentiel observée dans les terres enrichies en amidon doit être attribuée à une accumulation de substances réductrices dans le milieu de culture provoquée par le développement rapide de certaines bactéries anaérobies facultatives. La terre prend alors un potentiel d'oxydo-réduction voisin de -300 mv.

Il s'établit ensuite un équilibre entre la synthèse des substances réductrices et leur destruction (synthèses cellulaires, fermentation oxydative) par la microflore totale de la terre. Cet équilibre correspond à une valeur de potentiel positif.

L'amidon ne provoque pas de baisse de potentiel dans les terres de pH inférieur à 4,2 (pH incompatible avec la croissance de la majorité des bactéries).

Dans les terres enrichies en caséine, le potentiel d'oxydo-réduction décroît progressivement jusqu'à 0 mv environ. Cette baisse doit être attribuée, en partie, aux variations de pH. On note, en effet, pour toutes les terres étudiées enrichies en caséine, y compris celles de pH 4,2, une augmentation de pH se stabilisant plus ou moins longtemps, suivant la nature de la terre, à une valeur maximum voisine de 8.



BIBLIOGRAPHIE

- (1) GILLESPIE L.J. Reduction potentiels of bacterial cultures and of water logged soils. *Soil Sci.*, 1920, 9, 199-216.
- (2) HERZNER R.A. Beiträge zur physikalischen Chemie unserer Kulturböden. III. Adsorptionen und Redoxpotential. *Ztschr. Pflanzenernähr., Düngung, u. Bodenk.* 1930, 18A, 249-264.
- (3) WILLIS L.G. Oxidation reduction potentials and the H-ion concentration of a soil. *Jour. Agr. Res.*, 1932, 45, 571-575.
- (4) BROWN L.A. Oxidation reduction potentials in soils: I. principles and electrometric determination. *Soil Sci.*, 1934, 37, 65-76.
- (5) DARNELL M.C. Oxidation-reduction potentials of soil suspensions in relation to acidity and nitrification. *J. Agric. Research.*, 1936, 53, n° 1, 74-80.
- (6) BUEHRER T.F., MARTIN W.P. and PARKS R.Q. The oxidation-reduction potential of alkaline calcareous soils in relation to puddling and organic matter decomposition. *J. Am. Soc. Agron.*, 1939, 31, 904-914.
- (7) PEECH M. and BATJER L.P. A critical study of the methods of measuring oxidation-reduction potentials of soils. *Cornell Uni. Agr. Exp. Sta. Bul.*, 1935, 625.
- (8) BRADFIELD R., BATJER L.P. and OSKAMP J. Soils in relation to fruit growing in New York. IV. Signification of the oxidation-reduction potentials in evaluating soils for orchard purposes. *Cornell Uni. Agr. Exp. Sta. Bul.*, 1934, 592.
- (9) VOLK N.J. The determination of redox potentials of soils. *J. Am. Soc. Agron.*, 1939, 31, 344-351.
- (10) STARKEY R.L. and WIGHT K.M. Anaerobic Corrosion of iron in soil. *American Gaz Association*, New York, 1945.
- (11) QUISPÉL A. Measurement of the oxidation-reduction potentials of normal and inundated soils. *Soil Sci.*, 1947, 63, n° 4, 265-277.
- (12) KOHNKE H.E.L. Some factors affecting the oxidation-reduction potentials in soils. *Ohio State Uni. Press*. 1935.
- (13) STURGIS M.B. Changes in the oxidation-reduction equilibrium in soils as related to the physical properties of the soil and the growth of rice. *La. Agr. Exp. Sta. Bul.*, 1936, 271.
- (14) BAVER L.D. Factors affecting the hydrogen-ion concentration of soil. *Soil Sci.*, 1927, 23, 399-414.
- (15) Mc GEORGE W.T. The measurement and significance of hydroxylion concentration in alkaline calcareous soils. *Ariz. Agr. Exp. Sta. Bul.*, 1935, 57.
- (16) HEINTZE S.G. The use of the glass electrode in soil reaction and oxidation-reduction potential measurements. *Jour. Agr. Sci.*, 1934, 24, 28-41.
- (17) GALLUT J. Recherches sur le potentiel d'oxydoréduction du vibron cholérique. *Ann. Inst. Pasteur*, 1947, 73, 154-168.
- (18) KAUFFMANN J. Contribution à l'étude physiologique de quelques germes oligonitrophiles du sol. *Thèse Sci. Nat., Paris*, 1950, Série A, 2403, n° 3275.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit den Variationen des durch Hinzufügung von Kasein oder Amidon in Böden sehr verschiedenen Natur und Ursprungs hervorgerufenen Oxydo-Reduktions-Potentials.

Die Messungen des Eh werden so vorgenommen, dass man die Elektroden ohne besondere Vorsichtsmassnahmen direkt in den Boden stösst; die Präzision der Ablesungen ist ± 30 mv.

In Böden mit einem pH höher als 4,5 löst das Amidon einen starken Potentialsturz von annähernd — 300 mv gleich nach den ersten Anbautagen aus (Akkumulierung der reduzierenden Substanzen durch gewisse

Bakterien). Dieses minimale Potenzial hält sich 2 bis 3 Tage, um dann schnell wieder zu positiven Werten anzusteigen (Gleichgewicht zwischen der Synthese reduzierender Substanzen und ihrer Zerstörung durch die Boden-Mikroflora).

In Böden mit einem pH kleiner als 4,2, führt Amidon zu keinem Potenzialrückgang (pH unverträglich mit der Entwicklung einer grossen Anzahl Bakterien).

In kaseinreichen Böden nimmt das Potenzial progressiv bis zu 0 mv ab. Dieser Rückgang muss teilweise auf die pH-Variationen zurückgeführt werden; das pH nimmt um ungefähr 8 zu.

SUMMARY

Fluctuations in oxydo-reduction potential provoked by casein or starch supplies on soils of various kinds and origins have been studied.

Eh has been measured by driving the electrodes directly into the soil without any special care; reading precision was of about ± 30 mv. Then the different results have been reported.

RÉSUMÉ

L'étude a porté sur les variations du potentiel d'oxydo-réduction, provoquées par l'addition, soit de caséine, soit d'amidon, dans des terres de nature et d'origine très différentes.

La mesure du Eh s'effectue en enfonçant directement dans la terre les électrodes sans précautions spéciales; la précision des lectures est de ± 30 mv.

Dans les terres de pH supérieur à 4,5 l'amidon provoque une forte chute de potentiel voisine de -300 mv dès les premiers jours de culture (accumulation de substances réductrices dues à certaines bactéries). Ce potentiel minimum se maintient 2 à 3 jours pour remonter ensuite rapidement à des valeurs positives (équilibre entre la synthèse des substances réductrices et leur destruction par la microflore des terres).

Dans les terres de pH inférieur à 4,2, l'amidon ne provoque pas de baisse de potentiel (pH incompatible au développement d'un grand nombre de bactéries).

Dans les terres enrichies en caséine le potentiel décroît progressivement jusqu'à 0 mv. Cette baisse doit être attribuée, en partie, aux variations de pH qui augmente aux environs de 8.